



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

FACULTAD DE DERECHO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

TESIS DOCTORAL

DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGIES (DLTs).
DISRUPCIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE REGISTRO DISTRIBUIDO (TRDs):
UNA ESPECIAL CONSIDERACIÓN DEL DINERO
Y DE LA REGULACIÓN BANCARIA Y FINANCIERA

JOSÉ ZAPATA SEVILLA

Dirigida por:

Dr. Alberto Ruiz Ojeda

Universidad de Málaga

Málaga, 2023



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: José Zapata Sevilla

 <https://orcid.org/0000-0002-1328-1118>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización
pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): riuma.uma.es

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
FACULTAD DE DERECHO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES

DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGIES (DLTs).
DISRUPCIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE REGISTRO DISTRIBUIDO (TRDs):
UNA ESPECIAL CONSIDERACIÓN DEL DINERO
Y DE LA REGULACIÓN BANCARIA Y FINANCIERA

Tesis para la obtención del GRADO DE DOCTOR
con mención internacional

Presentado por:
José Zapata Sevilla

Dirigida por:
Dr. Alberto Ruiz Ojeda

Málaga, 2023

A mis padres,
José y María Dolores



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña JOSÉ ZAPATA SEVILLA

Estudiante del programa de doctorado CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGIES. DISRUPCIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE REGISTRO DISTRIBUIDO (TRDS): UNA ESPECIAL CONSIDERACIÓN DEL DINERO Y DE LA REGULACIÓN BANCARIA Y FINANCIERA

Realizada bajo la tutorización de ALBERTO RUIZ OJEDA y dirección de ALBERTO RUIZ OJEDA (si tuviera varios directores deberá hacer constar el nombre de todos)

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 23 de FEBRERO de 2023

Fdo.: JOSÉ ZAPATA SEVILLA Doctorando/a	Fdo.: ALBERTO RUIZ OJEDA Tutor/a
Fdo.: ALBERTO RUIZ OJEDA	



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



Escuela de Doctorado

Director/es de tesis

AUTORIZACIÓN PARA LA LECTURA DE LA TESIS

DOCTORANDO: José Zapata Sevilla

TÍTULO DE LA TESIS: *Distributed Ledger Technologies* (DLTs). Disrupciones de las Tecnologías de Registro Distribuido (TRDs): una especial consideración del dinero y de la regulación bancaria y financiera

PROGRAMA DE DOCTORADO: Ciencias jurídicas y sociales

Esta Tesis Doctoral recoge una investigación rigurosa, bien estructurada, dotada de una metodología claramente multi-disciplinar y un enfoque comparativo internacional y, además, cuenta con un aparato crítico robusto, amplio y exhaustivo. La novedad y el interés de la materia está fuera de toda duda. Junto con el análisis de las Tecnologías de Registro Distribuido (TRDs) y de su impacto en el orden monetario, crediticio y financiero, la Tesis contiene un estudio depurado de los prolegómenos y fundamentos del dinero, la banca y los mercados de capitales, lo cual proporciona un soporte de calidad a todo el tratamiento de los detalles, que son abordados con solvencia, como puede observarse a nivel de conclusiones, muy acertadas, entendibles e incisivas. La Tesis pretende obtener la Menció de Doctorado Internacional. Se sugiere que, tanto por el contenido de la propia Tesis Doctoral como por la estancia llevada a cabo por el candidato en el extranjero, por su participaci3n en prestigiosos Programas y eventos científcos tanto dentro como fuera de España, es plenamente merecedora de dicha Menció, además de cumplir con los requisitos normativamente previstos.

Varias publicaciones originales, y no presentadas tesis doctorales anteriores, respaldan la presente tesis doctoral, entre las cuales se destacan: ZAPATA SEVILLA, J., “El conflicto Netflix-Movistar. Una aproximaci3n jurídica a los acuerdos de Peering”, *Revista General de Derecho de los Sectores Regulados*, N 3, (2019), RUIZ OJEDA, A. y ZAPATA SEVILLA, J. “La confidencialidad en los procedimientos de la CNMV ¿límite a los derechos de acceso al expediente por el interesado y por el solicitante de informaci3n pública?”, *Revista de Derecho Bancario y Bursátil*, Vol. 39, N 160, (2020), pp. 163-194, ZAPATA SEVILLA, J., “Las lagunas del paquete de medidas sobre finanzas digitales de la UE. Especial referencia a las infraestructuras de los mercados”, *Revista de Derecho del Sistema Financiero. Mercados, Operadores y Contratos*, N 3, (2022), ZAPATA SEVILLA, J., “Las ayudas de Estado a las entidades de crédito tras la comunicaci3n bancaria y su ratificaci3n judicial”, en A. RUIZ OJEDA y J.Mª. LÓPEZ JIMÉNEZ, *Estudios sobre resoluci3n bancaria*, Aranzadi, Cizur menor, 2020, pp. 1183-1237, ZAPATA SEVILLA, J., “Inteligencia artificial y responsabilidad civil: el caso de las organizaciones descentralizadas autónomas”, en A.J. HUERGO LORA y G.M., DÍAZ GONZÁLEZ (Coord.), *La regulaci3n de los algortimos*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 349-364, ZAPATA SEVILLA, J., “La responsabilidad artificial de las organizaciones descentralizadas autónomas por actos no imputables a seres humanos” en B. PUENTES COCIÑA y A. QUINTIÁ PASTRANA, *El Derecho ante la transformaci3n digital. Oportunidades, riesgos y garantías*, Atelier, Barcelona, 2019, pp. 175-194, ZAPATA SEVILLA, J., “Enseñanza efectiva a través de medios digitales”, en VV.AA, *Innovaci3n Docente e Investigaci3n en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. Volumen II*, Dykinson, Madrid, 2020, pp. 29-40, ZAPATA SEVILLA, J., “La interdisciplinariedad en la enseñanza del Derecho: el caso del análisis económico del Derecho”, en VV.AA *Innovaci3n Docente e Investigaci3n en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas. Volumen III*, Dykinson, Madrid, 2021, pp. 151-158.

Por todo lo dicho, el Director-Tutor de la Tesis Doctoral autoriza su defensa y lectura.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN, PROLEGÓMENOS Y CUESTIONES GENERALES	1
1. Justificación	1
A. Tecnología y Finanzas	1
B. Las DLTs como revulsión de los paradigmas económicos y jurídicos vigentes	6
C. Necesidad de comprensión del impacto de las DLTs en el dinero	10
2. Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos	14
A. Hipótesis y preguntas de investigación	14
B. Objetivos	14
a. Exégesis de las DLTs	14
b. Análisis de la naturaleza del dinero y de la redistribución a través de la política monetaria	16
c. Estudio del impacto de las DLTs en los esquemas de intervención de los poderes públicos	18
3. Metodología y método	20
CAPÍTULO II. LAS DLTs	21
1. Fundamentos de la tecnología	21
A. Terminología	21
a. Introducción	21
b. Glosario	23
B. Nociones básicas sobre su funcionamiento	29
a. Bitcoin	30
i. Principales elementos	30
ii. Protocolo de consenso	32
iii. Otras características relevantes	35
b. Ethereum	36
i. Una plataforma DLT universal	36
ii. Ethereum y los <i>smart contracts</i>	36
iii. Particularidades respecto de Bitcoin	37
c. Redes privadas. El caso de Hyperledger	39
i. Las redes privadas como solución para las empresas	39
ii. Funcionamiento básico de Hyperledger	40
iii. Hyperledger como alternativa a las redes DLT públicas	42
d. Supuestos de DLTs que no constituyen una <i>Blockchain</i>	44
i. IOTA	44
ii. Hashgraph	46
iii. Holochain	46
2. Valor e inconvenientes de esta tecnología	47
A. Beneficios e inconvenientes de la DLTs. Especial referencia a los costes de transacción	47
a. Posibles beneficios. Costes de transacción	47
b. Posibles contrapartidas. Costes de transacción	49
c. Otros beneficios de las DLTs distintos de los costes de transacción	51
B. Riesgos y límites	53
a. Límites técnicos y problemas regulatorios	53
b. Problemas de seguridad	55
c. Riesgos para el interés público	57
d. Riesgos para los derechos de consumidores y usuarios	61
C. La gobernanza en las redes DLT	63
a. Promoción de la gobernanza desde el sector público	63
b. Necesidad o no de gobernanza en las redes DLT	65
i. Beneficios de la adopción de un sistema de gobernanza	65
ii. Modelos de gobernanza	67
D. Protocolos de consenso. La prueba de participación como alternativa a la prueba de trabajo	70
3. Intermediarios	72
CAPÍTULO III. ENCAJE DE LAS DLTs Y SUS APLICACIONES EN EL DERECHO	75
1. Impacto transversal de las DLTs en el ordenamiento jurídico	75

A. Tratamiento en el Derecho comparado	75
a. Suiza	75
b. Francia	81
c. Estados Unidos	85
d. Reino Unido	88
e. Italia	89
B. Recepción en el ordenamiento español	90
a. <i>Blockchain</i> , firma, sello e identidad electrónica	91
b. La responsabilidad de los daños causados en el marco de una base de datos distribuida: una perspectiva de Derecho privado	94
c. <i>Blockchain</i> y Derecho de la competencia	96
i. Abuso de la posición dominante	97
ii. Acuerdos colusorios	99
iii. Algunos problemas prácticos	100
d. <i>Blockchain</i> y Derecho de protección de datos	101
i. Cumplimiento de la normativa aplicable por parte de registros DLT públicos	101
ii. Decisiones automatizadas	102
iii. Conclusión	103
e. <i>Blockchain</i> y Derecho de sociedades	104
i. Organizaciones <i>Blockchain</i>	104
ii. La incorporación de las DLTs en el Derecho de sociedades español	106
2. Principales aplicaciones de las DLTs	109
A. <i>Smart contracts</i>	109
a. Consideraciones generales	109
b. Régimen jurídico de los <i>smart contracts</i>	111
c. Algunas incógnitas legales que plantean los <i>smart contracts</i>	114
B. Nuevos mercados de valores	116
a. <i>Tokens</i>	116
b. Ofertas Iniciales de Moneda	119
c. Infraestructuras de los mercados	120
C. Más allá de las finanzas: sector público	123
 CAPÍTULO IV. EL DINERO Y LA POLÍTICA MONETARIA	129
1. Identificación de los sistemas monetarios	129
2. Estado y dinero	131
3. Dinero y crédito	132
A. Perspectiva general de las relaciones del crédito y el dinero	132
B. El dinero del banco central ¿Una deuda del Estado?	135
4. Dinero y política monetaria	139
A. Importancia de la política monetaria y teorías normativas	139
a. La perspectiva keynesiana	139
b. La Teoría Cuantitativa del Dinero	141
B. Los instrumentos de la política monetaria	144
a. El multiplicador monetario	144
b. El mercado de reservas bancarias: los instrumentos tradicionales de la política monetaria	146
c. Los instrumentos de política monetaria “no convencionales”	148
5. Evolución de la política monetaria	150
A. Las reglas y la estrategia de política monetaria	150
B. De una estrategia de política monetaria basada en la cantidad de dinero a la desaparición del dinero de los modelos de los bancos centrales. El caso del BCE	153
 CAPÍTULO V. CRIPTOMONEDAS	156
1. Delimitación de las criptomonedas en el ecosistema DLT	156
A. Valor intrínseco de las criptomonedas y apuntes económicos y jurídicos	156
B. Sistemas monetarios de criptomonedas: un enfoque universal y sectorial	157
a. Nota introductoria sobre la posibilidad de los bancos centrales	157
b. Bitcoin como criptomoneda con un enfoque universal	159
c. Criptomonedas y plataformas: un enfoque sectorial	160
C. Las <i>stablecoins</i> o monedas estables	162

a. Concepto, características y naturaleza de las monedas estables	162
b. Clases de monedas estables	163
c. Referencia al caso de Libra	165
2. Encaje de las criptomonedas en el marco institucional vigente	167
A. La incidencia del Reglamento MiCA en la situación regulatoria de las criptomonedas	167
B. Criptomonedas ajenas al Reglamento MiCA	168
C. Criptomonedas reguladas en el reglamento MiCA	171
3. Las criptomonedas como alternativa al dinero <i>fiat</i>	175
A. Argumentos en contra de las criptomonedas	175
a. La necesidad del monopolio del banco central en la emisión del dinero	175
b. Riesgos para la estabilidad financiera	177
c. Riesgos para la política monetaria	178
B. Argumentos en favor de las criptomonedas privadas	180
a. Criptomonedas con oferta inelástica	181
b. Criptomonedas con oferta elástica	183
 CAPÍTULO VI. LA REACCIÓN DE LOS BANCOS CENTRALES	187
1. El dinero digital de los bancos centrales. Una visión general	187
A. Concepto, naturaleza y concepto	187
B. Posibles diseños y finalidades del CBDC	189
a. Diseños	189
b. Posibles finalidades y filosofías del CBDC	192
2. El euro digital	195
A. Un CBDC con una finalidad y filosofía por definir	195
B. Los desequilibrios de la Eurozona como auténtica disfunción del euro	197
a. El origen del problema	197
b. La acumulación de los desequilibrios en forma de saldos TARGET2	198
C. El impacto del euro digital en el <i>statu quo</i>	202
 CAPÍTULO VII. RESUMEN, RESULTADOS Y CONCLUSIONES	205
1. Resumen y resultados	205
A. Las DLTs como disrupción tecnológica	205
a. Innovaciones tecnológicas	205
b. Beneficios, límites y riesgos de las DLTs	206
c. Cuestiones relevantes sobre los proyectos DLT	207
d. Las DLTs y el ordenamiento jurídico	208
i. Las DLTs en el Derecho comparado	208
ii. Las DLTs en el Derecho Español	209
B. La regulación de las principales aplicaciones de las DLTs	210
C. El dinero y la política monetaria	212
D. El fin del monopolio del dinero fiat en el ámbito monetario	214
a. Competencia monetaria	214
b. Las distintas clases de criptomonedas y su encaje en la Propuesta de Reglamento MiCA	215
c. Argumentos en favor y en contra de la competencia monetaria	216
E. Consecuencias de la irrupción de la competencia monetaria	218
2. Conclusiones	220
A. La regulación de las DLTs en general	220
B. La respuesta del sector público a las criptomonedas	222
C. Una reflexión final sobre el papel de las Administraciones públicas y la regulación en general	223
 ANEXO. CHAPTER VII. ABSTRACT, RESULTS AND CONCLUSIONS	225
1. Abstract and Results	225
A. DLTs as a technological disruption	225
a. Technological innovations	225
b. Benefits, limits and risks	226
c. Meaningful questions on DLT projects	227
d. Legal implications of DLTs	228
i. DLTs and comparative law	228
ii. DLTs in Spanish law	228
B. The regulation of DLTs' main applications	230

C. Money and monetary policy	231
D. The end of the monopoly of <i>fiat</i> money in the monetary realm	233
a. Monetary competition	233
b. Different types of cryptocurrencies and their regulation according to the MiCA proposal	233
c. Pros and cons of monetary competition	235
E. Consequences of the irruption of monetary competition	236
2. Conclusions	238
A. Regulation of DLTs from a general perspective	238
B. Public sector response to cryptocurrencies	239
C. Final reflection on the role of the public sector and the law	241
 BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS	 243
1. Referencias bibliográficas	243
2. Legislación y soft law	270
3. Sentencias y otros pronunciamientos de las autoridades	275
 ABREVIATURAS	 277

CAPÍTULO I. PROLEGÓMENOS Y CUESTIONES GENERALES

1. Justificación

A. Tecnología y finanzas

La crisis económico-financiera de 2007-08 reveló la necesidad de reformar el marco normativo y la supervisión del sistema financiero. La reforma se encaminó a atajar las causas que la habían provocado¹. Así, los esfuerzos se centraron en asegurar la estabilidad financiera² y la contención de los riesgos sistémicos.

A nivel internacional se adoptaron las Normas de Basilea III³, como conjunto de recomendaciones que pretendían endurecer el marco regulatorio preexistente⁴. En la Unión Europea (UE, en adelante) el impulso reformista se materializó en el Código Normativo Único, que consiste en un conjunto de normas de la UE promulgadas con la finalidad de asegurar la estabilidad financiera y la ausencia de riesgos sistémicos y da lugar a la denominada Unión Bancaria⁵. Este marco

¹ ARENILLA LORENTE, C., *Regulación y supervisión financiera: reflexiones ante la crisis*. Documento presentado en Jornada sobre el sistema financiero ante la crisis económica, Madrid, 2009, p. 6, disponible en <http://www.carlosarenillas.es/docs/CES1mayopublicacion.pdf> (última consulta el 16.07.2019).

² El concepto de estabilidad financiera alude a la correcta continuidad de las funciones que desempeña el sistema financiero (asignación de recursos a los demandantes y captación de ahorro), el tratamiento de los riesgos financieros y su capacidad para resistir a situaciones de turbulencias financieras. Por su parte, los riesgos sistémicos se refieren al riesgo de contagio entre entidades debido a las interconexiones existentes en el sistema financiero, lo que justifica que, junto a la supervisión de los riesgos de las entidades por separado —supervisión microprudencial—, se lleve a cabo una supervisión macroprudencial, esto es, del conjunto del sistema financiero. Vid. SCHINASI, G.J., “Preserving Financial Stability”, *Economic Issues*, N 36, (2005), p. 7 y DE HOCES ÍÑIGUEZ, J.R., GARCÍA-PERROTE, G., “La nueva arquitectura europea para la regulación y supervisión financiera”, en F.J. LEÓN SANZ (Dir.), *Las reformas de las sociedades cotizadas y del sistema financiero 2008-2013*, Aranzadi, Cizur Menor, 2014, pp. 6-7 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

³ Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, “Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios”, 2010, disponible en https://www.bis.org/publ/bcbs189_es.pdf, (última consulta el 15.01.2019).

⁴ Entre otras medidas, destacan: el aumento de la calidad del capital, esto es, se limitan los activos de la entidad que pueden ser considerados capital regulatorio (el capital destinado a absorber las pérdidas) dentro de la escala definida por estas normas; la mejora en las valoraciones del riesgo de determinados activos y aumento de los requerimientos para determinadas operaciones que antes servían a las entidades para sustraerse de la normativa prudencial (captura del riesgo); medidas de carácter macroprudencial, como la constitución de colchones de capital; una ratio de apalancamiento que establece un coeficiente a cumplir que relaciona el capital regulatorio de la entidad con el riesgo asumido por la entidad; por último, se ha de destacar la composición del capital regulatorio, pues se prevén determinados porcentajes mínimos para cada elemento del capital regulatorio, que deberán asegurar en conjunto un total del 8% de los activos ponderados por riesgo, más los colchones de capital y determinadas ratios de liquidez y financiación. Vid. RODRÍGUEZ DE CODES ELORRIAGA, E. M., “Las nuevas medidas de Basilea III en materia de capital”, *Estabilidad Financiera*, N 19, (2010), pp. 13-14.

⁵ El código se compone de tres pilares. El primero viene dado por la regulación prudencial, que establece requisitos dirigidos a asegurar la solvencia y liquidez de las entidades de crédito. El sistema de garantía de depósitos y la normativa de reestructuración y resolución de entidades de créditos y empresas de servicios de inversión constituyen los otros dos pilares. Vid:

Reglamento (UE) 575/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre los requisitos prudenciales de las entidades de crédito y las empresas de inversión, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 648/2012 (DOUE L 176/1, de 27.06.2013).

Directiva 2013/36/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, relativa al acceso a la actividad de las entidades de crédito y a la supervisión prudencial de las entidades de crédito y las

jurídico, necesario para garantizar el funcionamiento de la Unión Monetaria y la unidad e integridad del Mercado Único en el ámbito de los servicios financieros, se aplica a través de un sistema de supervisión⁶ en el que intervienen tanto las autoridades de la UE (que asumen la responsabilidad final) como los supervisores nacionales de acuerdo con la distribución de competencias que establece la propia normativa⁷. En el marco de la Unión Bancaria, nuestro legislador ha transpuesto la Directiva 2013/36/UE y concentrado, con voluntad de sistematización, la normativa de ordenación, supervisión y solvencia de las entidades de crédito en la Ley 10/2014⁸.

La Ley 10/2014 supone, en términos de su propia Exposición de Motivos,

“un auténtico estatuto profesional de las entidades de crédito (...) [que] no se limita en absoluto a esa vigilancia y alcanza otros elementos muy sustantivos y peculiares de la regulación de las entidades de crédito como son la reserva de actividad, el control del acceso e idoneidad de directivos y accionistas más significativos, el refuerzo específico de las exigencias de gobierno corporativo o, en última instancia, el tratamiento singularísimo de las entidades con dificultades de viabilidad, que incluye la posibilidad de intervención y sustitución de sus administradores o la imposición de pérdidas a sus respectivos acreedores” (Ley 10/2014).

Asimismo, debemos tener en cuenta su reglamento de ejecución, el Real Decreto 84/2015⁹. En cuanto a este complejo paquete normativo, se ha de indicar que la regulación prudencial impone

empresas de inversión, por la que se modifica la Directiva 2002/87/CE y se derogan las Directivas 2006/48/CE y 2006/49/CE (DOUE L 176/338, de 27.06.2013).

Directiva 2014/49/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativa a los sistemas de garantía de depósitos (DOUE, L 173/149, de 12.06.2014).

Directiva 2014/59/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, por la que se establece un marco para la reestructuración y la resolución de entidades de crédito y empresas de servicios de inversión, y por la que se modifican la Directiva 82/891/CEE del Consejo, y las Directivas 2001/24/CE, 2002/47/CE, 2004/25/CE, 2005/56/CE, 2007/36/CE, 2011/35/UE, 2012/30/UE y 2013/36/UE, Reglamentos (UE) 1093/2010 y (UE) 648/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE L 173/90 de 12.06.2014).

⁶ El sistema de supervisión se desdobra en el Mecanismo Único de Supervisión (MUS, en adelante), regulado en el Reglamento (UE) 1024/2013 del Consejo, de 15 de octubre de 2013, que encomienda al Banco Central Europeo tareas específicas respecto de políticas relacionadas con la supervisión prudencial de las entidades de crédito (DOUE L 287/63, de 29.10.2010), y el Mecanismo Único de Resolución (MUR, en adelante), establecido en el Reglamento (UE) 806/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de julio de 2014 por el que se establecen normas uniformes y un procedimiento uniforme para la resolución de entidades de crédito y de determinadas empresas de servicios de inversión en el marco de un Mecanismo Único de Resolución y un Fondo Único de Resolución y se modifica el Reglamento (UE) no 1093/2010 (DOUE L 225/1, de 30.7.2014). En el primer caso, es el Banco Central Europeo (BCE, en adelante) la autoridad europea encargada de vigilar el correcto seguimiento de la normativa prudencial por parte de las entidades y, en el segundo, sería la Junta Única de Resolución (en adelante, JUR) la encargada de coordinar los procesos de resolución bancaria.

⁷ VAN ROMPUY, H., “Hacia una auténtica unión económica y monetaria”, 2012, p. 4, disponible en <https://www.consilium.europa.eu/media/21556/131290.pdf> (última consulta el 16.07.2019).

⁸ Ley 10/2014, de 26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito (BOE núm. 156, de 27.06.2014).

⁹ Real Decreto 84/2015, de 13 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 10/2014, de 26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito (BOE núm. 39, de 14.02.2015).

una serie de requisitos muy onerosos para las entidades afectadas¹⁰ y que, además, inhibe la provisión de crédito a la economía real¹¹.

Por otro lado, en el escenario patrio debemos tener igualmente presente que disponemos de una normativa nacional para la reestructuración y resolución de entidades de crédito¹². Se trata de la Ley 11/2015¹³. Este régimen jurídico, resultado de las exigencias del Derecho de la UE, también acrecienta indirectamente los costes de las entidades sujetas como consecuencia de imputar a sus propietarios y acreedores los perjuicios patrimoniales derivados de la intervención de las autoridades en los casos que prescribe esta ley¹⁴. La actividad de las empresas de servicios de inversión también se ha visto afectada por el endurecimiento de la normativa bancaria y financiera¹⁵. No obstante, se ha de señalar que las entidades financieras tienen la posibilidad de

¹⁰ A los costes derivados del cumplimiento de las ratios regulatorias hay que añadir los gastos que se contraen como consecuencia del establecimiento de serie de estructuras y políticas formales que son tan obligatorias como el propio cumplimiento de los requerimientos materiales. Vid. Pricewaterhousecoopers, “Ley10/2014, de26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito”, 2014, disponible en <https://www.pwc.es/es/financiero-seguros/assets/ley-10-2014-analisis-principales-aspectos-implicaciones.pdf> (última consulta el 21.07.2019).

¹¹ Acerca de las consecuencias de la regulación prudencial en la actividad de las entidades de crédito véase CONGDON, T., “¿How have changes in regulation affected UK bank credit since the Great Recession?”, *Institute of International Monetary Research. Research Paper*, N 9, (2021).

¹² Sobre el procedimiento de recuperación y resolución de entidades de crédito y otras empresas de servicios de inversión, la doctrina ha indicado que se trata de un mecanismo “paraconcursal”, en el sentido de que se evita el concurso del operador financiero mediante la intervención de la Administración Pública y la aplicación, en su caso, de ayudas públicas. El objetivo de este instituto es así la preservación de la integridad del sistema financiero. FERNÁNDEZ TORRES, I. “La reestructuración de las Entidades de crédito” en I. FERNÁNDEZ TORRES y J.C. TEJEDOR BIELSA (coords.), *La reforma bancaria en la Unión Europea y España. El modelo de regulación surgido de la crisis*, Civitas, Madrid, 2014, epígrafe II.1 (de la versión disponible en Thomson Reuters Proview).

¹³ Ley 11/2015, de 18 de junio, de recuperación y resolución de entidades de crédito y empresas de servicios de inversión (BOE núm. 146, de 19.06.2015).

¹⁴ Tras la publicación de la Comunicación de la Comisión sobre la aplicación, a partir del 1 de agosto de 2013, de la normativa sobre ayudas estatales a las medidas de apoyo en favor de los bancos en el contexto de la crisis financiera («Comunicación bancaria») (DOUE C 216/1, de 30.07.2013), la normativa de reestructuración y resolución ordena que las autoridades competentes atribuyan las pérdidas a accionistas y acreedores en primer lugar (*bail-in*), antes de poder recurrir al rescate de las entidades con fondos públicos (*bail-out*). La ley regula aparentemente un orden de prioridades en torno a la imposición de pérdidas, de tal manera que los accionistas deben pagar primero y los acreedores en una etapa posterior; la doctrina, en cambio, entiende que la autoridad de resolución podría acordar la recapitalización sin sujeción a dicha jerarquía. Vid. FERNÁNDEZ TORRES, I., CARABELLESE, P.d.G., “The resolution tools: a legal análisis and an empirical investigation”, en A. RUIZ OJEDA y J.M. LÓPEZ JIMÉNEZ (dirs.) *Estudios sobre resolución bancaria*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 889-890.

Acerca de las consecuencias económicas de este criterio vid. ZHOU, J., RUTLEDGE, V., BOSSU, W., DOBLER, M., JASSAUD, N., “From Bail-out to Bail-in: Mandatory Debt Restructuring of Systemic Financial Institutions”, 2012, p. 20, disponible en <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2012/sdn1203.pdf> (última consulta el 21.07.2019).

Se ha de apuntar que cierto sector doctrinal ha propuesto aplicar el *bail-in* o recapitalización interna a las operaciones de rescate referidas a Estados soberanos. Así, la doctrina ha propuesto modificar el marco de gobernanza económica de los Estados miembros de la UE para compeler a los acreedores de los entes públicos a participar en los procedimientos de reestructuración de la deuda pública. BUCHHEIT, L. C., GULATI, G.M., TIRADO MARTÍ, I., “The Problem of Holdout Creditors in Eurozone Sovereign Debt Restructurings”, 2013, disponible en https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5485&context=faculty_scholarship (última consulta, el 08.11.2022).

¹⁵ En el caso del mercado de valores, la regulación prudencial desincentiva la perfección de transacciones financieras debido a la implementación de medidas tuitivas para el inversor. En particular, conviene destacar que la prohibición de que los asesores financieros cobren *retrocesiones* —comisiones que se reciben por la contratación de productos financieros— amenaza su existencia. Vid. RUIZ OJEDA, A., “Caveat

reducir los costes ligados al incremento de las cargas administrativas mediante la aplicación de la innovación tecnológica a las actividades relacionadas con el cumplimiento normativo¹⁶.

No obstante, la regulación prudencial no constituye el único ámbito desde el que se presiona a las entidades financieras incumbentes; la reciente aparición de las *Financial Technology* (*fintech*, por su abreviatura en inglés, y en adelante) supone una nueva competencia que amenaza con reducir de manera significativa sus ingresos y cuotas de mercado. En definitiva, se plantea la posibilidad de que acaezca la desintermediación bancaria como consecuencia del fenómeno *fintech*¹⁷.

La aparición de estas *fintech* ha suscitado un dilema entre las autoridades acerca de qué posición adoptar frente a la innovación financiera de base tecnológica. Por un lado, las *fintech* reclaman el desarrollo de una normativa incentivadora centrada en la aplicación del principio de proporcionalidad¹⁸. De otro, las entidades incumbentes alegan la necesidad de competir en condiciones de igualdad con los entrantes bajo el axioma de “regulación por actividad”¹⁹.

En efecto, los riesgos que plantean las *fintech*, al igual que cualquier otro operador financiero²⁰, justifica la intervención de las autoridades. Ahora bien, los poderes públicos han promovido una regulación claramente favorecedora para la innovación tecnológica aplicada a las finanzas. En este sentido, se pronunció el Plan de Acción en materia de tecnología financiera de la Comisión

vendor, o el volteo regulatorio de la asignación de riesgos en las transacciones financieras por la normativa MiFID”, *InDret. Revista para el Análisis del Derecho*, N 2, (2017), pp. 16-20.

¹⁶ Se conoce como *regtech* al conjunto de tecnologías que las empresas pueden utilizar para mejorar los procesos relacionados con el cumplimiento regulatorio. Acerca de la naturaleza, evolución, clases y ventajas de *regtech* frente a las soluciones tradicionales, vid. FERNÁNDEZ TORRES, I. “Regtech en el sector financiero: una aproximación preliminar” en A. F. MUÑOZ PEREZ (Dir.), *Revolución digital, Derecho mercantil y Token economía*, Tecnos, Madrid, 2019, pp. 561-580.

¹⁷ LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., “El marco de actuación de las entidades de crédito”, en A.B. CAMPUZANO LAGUILLO, F., CONLLEDO LANTERO y R.J. PALOMO ZURDO (Dir.), *Los mercados financieros*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2017, pp. 18-20.

¹⁸ En este sentido, el principio de proporcionalidad implicaría la aminoración de los requisitos regulatorios que las *fintech* deben cumplir respecto de los que afrontan las entidades tradicionales en atención a los riesgos asumidos, la naturaleza de la actividad que realizan, su volumen de negocio, etc. Vid. VERCHER MOL, J., “Aplicación del principio de proporcionalidad a las entidades que operan en el mercado financiero”, *Revista de Derecho Patrimonial*, N 47, (2018), pp. 6-10 (de la base de datos Aranzadi Instituciones).

¹⁹ Este nuevo enfoque normativo permitiría capturar a todos los operadores que realizan una determinada actividad material, a diferencia del actual marco jurídico estatuario. Así, la Autoridad Bancaria Europea estimó en 2017 que hasta un 31% de las *fintech* carecían de cualquier tipo de regulación. Vid. EBA, “Discussion Paper on the EBA’s approach to financial technology (fintech) (EBA/DP/2017/02)”, 2017, p. 21, disponible en <https://eba.europa.eu/documents/10180/1919160/EBA+Discussion+Paper+on+Fintech+%28EBA-DP-2017-02%29.pdf> (última consulta el 29.07.2019).

²⁰ En ocasiones, las *fintech* pueden adscribirse a la denominada “banca en la sombra”. Este concepto pretende comprender a aquellas entidades que realizan actividades asimilables a las de las entidades de crédito, fundamentalmente de financiación, sin someterse a su régimen jurídico y entrañen riesgos para el conjunto del sistema financiero. No obstante, no cabe realizar una equiparación plena entre ambas realidades, bien porque la entidad *fintech* no realice alguna de las actividades propias de la banca en la sombra, bien porque se encuentren sujetas a un estatuto jurídico distinto del de la banca en la sombra. Sobre el concepto de banca en la sombra vid. MCCULLEY, P.A., “Statement of Paul A. McCulley Managing Director, PIMCO Before the Financial Crisis Inquiry Commission May 6, 2010”, p. 2, disponible en https://fcic-static.law.stanford.edu/cdn_media/fcic-testimony/2010-0506-McCulley.pdf (última consulta el 23.11.2020) y FSB, “Shadow Banking: Scoping the Issues. A Background Note of the Financial Stability Board”, p. 2., disponible en http://www.fsb.org/wp-content/uploads/r_110412a.pdf (última consulta el 21.09.2020). Acerca de la inclusión de las *fintech* en la noción de banca en la sombra cfr. GALACHO ABOLAFIO, A.F., “Crowdfunding y shadow banking: plataformas de financiación participativa (PFPS) y la protección de los inversores”, *Revista de Derecho Bancario y Bursátil*, N 145, (2017), pp. 8-9 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

Europea de 2018²¹. El citado Plan reveló las principales líneas de actuación de las autoridades: aclaración de los requisitos normativos aplicables a las *fintech* que desarrollan actividades reguladas²², regulación de modelos y servicios financieros innovadores²³, creación de facilitadores tecnológicos²⁴ y reforma del marco jurídico vigente²⁵.

²¹ Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Banco Central Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité Europeo de las Regiones. Plan de acción en materia de tecnología financiera: por un sector financiero europeo más competitivo e innovador. COM/2018/029 final.

²² La “Guía para la evaluación de las solicitudes de autorización de entidades de crédito fintech” constituye en este sentido un documento no vinculable que pretende informar sobre el acceso a la condición de entidad de crédito por parte de solicitantes *fintech*. El documento dispone claramente que *fintech* y entidades tradicionales disponen de un régimen de autorización o entrada a la actividad reservada idéntico. La aplicación del principio de proporcionalidad a la determinación de los requisitos regulatorios exigibles dependerá de los riesgos que presente la actividad proyectada. Vid. BCE, “Guía para la evaluación de las solicitudes de autorización de entidades de crédito fintech”, p. 2, disponible en https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.201803_guide_assessment_fintech_credit_in_st_licensing.es.pdf?27b2002c87bed6f84e45433dc820ec2a (última consulta el 18.09.2020) y Parlamento Europeo, “INFORME sobre la tecnología financiera (FinTech): influencia de la tecnología en el futuro del sector financiero (2016/2243(INI))”, 2017, pp. 8-9, disponible en <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A8-2017-0176+0+DOC+PDF+V0//ES> (última consulta el 18.09.2020).

²³ Tanto los legisladores nacionales como el legislador de la UE han abordado la regulación de los nuevos servicios financieros. La normativa del *crowdfunding* constituye un claro ejemplo de esta tendencia. Vid. Ley 5/2015, de 27 de abril, de fomento de la financiación empresarial (BOE, núm. 101, de 28.04.2015) y Reglamento (UE) 2020/1503 del Parlamento Europeo y del Consejo de 7 de octubre de 2020 relativo a los proveedores europeos de servicios de financiación participativa para empresas, y por el que se modifican el Reglamento (UE) 2017/1129 y la Directiva (UE) 2019/193 (DOUE, L 347/1, de 20.10.2020). El objeto principal de estas normas viene dado por la normación de las plataformas o proveedores de servicios de financiación participativa y la protección del inversor no profesional. Se trata, en definitiva, del establecimiento de una nueva actividad reservada.

²⁴ Entre los facilitadores de la innovación financiera destacan los foros de innovación y los espacios de pruebas. La Ley 7/2020, de 13 de noviembre, para la transformación digital del sistema financiero (BOE, núm. 300, de 14.11.2020) regula implícitamente los primeros mediante la previsión de la existencia de cauces específicos de comunicación entre promotor y autoridades (art. 20) y la posibilidad de que los interesados planteen a los supervisores consultas escritas (art. 21) acerca de la integración de los proyectos financieros de base tecnológica en la normativa prudencial, y los segundos explícitamente al encontrarse regulado en su integridad el espacio de pruebas en sus dos primeros títulos. Mientras que los foros de innovación pretenden establecer cauces de comunicación entre las autoridades y las *fintech* con el fin de facilitar el cumplimiento normativo por parte de estas últimas, el acceso al espacio controlado de pruebas supone el otorgamiento a una empresa de un título habilitante especial, que proporciona un acceso restringido a la experimentación temporal y controlada de una propuesta financiera innovadora y que no permite ejercer con carácter pleno la actividad a la que da acceso la autorización ordinaria. Vid. HUERGO LORA, A., “Un “Espacio controlado de pruebas” (*Regulatory Sandbox*) para las empresas financieras tecnológicamente innovadoras: el “Anteproyecto de Ley de Medidas para la transformación digital del sistema financiero”, *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, N 76, (2018), p. 51.

²⁵ Así, las autoridades de la UE han reformado el régimen jurídico de los servicios de pago mediante la Directiva (UE) 2015/2366 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 sobre servicios de pago en el mercado interior y por la que se modifican las Directivas 2002/65/CE, 2009/110/CE y 2013/36/UE y el Reglamento (UE) no 1093/2010 y se deroga la Directiva 2007/64/CE (DOUE, L 337/35, de 23.12.2015) para regular como entidades de pago a los proveedores de iniciación de pagos (PISP) y Proveedores de Servicios de Información de Cuenta (AISP). Se trata de proveedores de servicios de pago que no administran los fondos del usuario, pero que facilitan la realización de pagos en línea a través de la notificación inmediata de su iniciación y la disposición de un conocimiento global sobre los caudales monetarios depositados en diversas cuentas de pago. Para incentivar su operativa, la citada directiva o PSD2 obliga a los proveedores de servicios de pago gestores de cuenta a permitir el acceso de estos servicios de pago terceros a la información de los usuarios, siempre que dispongan del consentimiento de estos últimos, para prestar sus servicios. Vid. KAHN, C.M., “El Reto de Regular las entidades de pago no bancarias: la Respuesta de la Directiva PSD2”, *Papeles de Economía Española*, N 149, (2016), p. 26 y ALONSO LEDESMA, C., “Innovaciones en el marco de los proveedores de servicios de pago. La regulación en derecho

En síntesis, en los últimos años se ha producido una disrupción de profundas consecuencias en el sector de financiero. La reacción regulatoria a la Crisis Financiera del 2007-08 ha marcado el devenir del sector en los últimos años, lo cual, a la postre, ha dado lugar a sucesivos intentos por suavizar dicho impacto²⁶. No obstante, los principales cambios vienen dados por la aplicación a las finanzas de las últimas innovaciones tecnológicas²⁷.

Si bien es cierto que el surgimiento de nuevos modelos de negocio y servicios ya ha supuesto un cambio significativo para las finanzas, la verdadera revolución para el sector viene dada por las Tecnologías de Registro Distribuido (*Distributed Ledger Technology*, en adelante DLT).

B. Las DLTs como revulsión de los paradigmas económicos y jurídicos vigentes

La aplicación de las DLTs a las finanzas da lugar a las llamadas finanzas descentralizadas, conocidas popularmente como DeFi²⁸. La desintermediación que permite la arquitectura tecnológica distribuida constituye el nuevo paradigma. Se trata de que las DLTs posibilitan que los operadores económicos lleven a cabo transacciones que antes no podrían tener lugar sin la concurrencia de intermediarios²⁹.

español” en M. CUENA CASAS y J. IBÁÑEZ JIMÉNEZ (Dir.), *Perspectiva legal y económica del fenómeno FinTech*, La Ley, Madrid, 2021, p. 314.

Tampoco cabe destacar la introducción en la normativa ordenadora de las entidades de crédito de una nueva categoría de autorización limitada. El título habilitaría para llevar a cabo una actividad reservada, captación de depósitos en el caso de las entidades de crédito, bajo unas condiciones mucho menos onerosas que las correspondientes a la autorización ordinaria. A cambio de este beneficio, la operatoria de la entidad se ve limitada; pueden imponerse límites a la cantidad de fondos que el banco puede captar, impedir que los depósitos se utilicen para conceder crédito, etc. Suiza ya ha introducido este tipo de licencia, particularmente adecuada para ciertos modelos de negocio bancarios. Vid. PwC, “The Swiss fintech licence”, 2020, p. 4, disponible en https://www.pwc.ch/en/publications/2020/The%20swiss%20fintech%20license_EN_web.pdf (última consulta el 27.01.2021).

²⁶ Vid. POZZI, S., “Donald Trump da oxígeno a la banca local al suavizar las reglas de la crisis”, 2018, disponible en https://elpais.com/economia/2018/06/01/actualidad/1527871597_844837.html. (última consulta el 04.10.2021).

²⁷ La innovación tecnológica es tan importante en las finanzas que los límites de las *fintechs* no están claros. Normalmente con este término se pretende designar a *startups* que se sirven de la innovación tecnológica para competir con las empresas financieras implantadas. No obstante, las tecnofinanzas también pueden desarrollarse por parte de empresas tecnológicas asentadas que deciden expandirse al sector financiero. Se habla en este caso de *Techfin*, y de *Bigtech* cuando estas empresas son gigantes del sector.

Asimismo, las propias entidades incumbentes, conscientes de las nuevas necesidades de los consumidores, deben adoptar las tecnofinanzas para no perder competitividad. La estrategia de las entidades tradicionales, en lugar de iniciar procesos de reemplazo tecnológico forzoso, confía en el desarrollo de nuevas iniciativas *fintech*, la colaboración y la adquisición de competidores. Vid. TANDA, A., SCHENA, C.M., *Fintech, Bigtech and Banks. Digitalisation and its impact on banking business models*, Palgrave Macmillan, Londres, 2019, p. 8 y ARSLANIAN, H., FISCHER, F., *The Future of Finance. The Impact of Fintech, AI and Crypto on Financial Services*, Palgrave Macmillan, Londres, 2019, pp. 61-68.

²⁸ La abreviatura viene referida a *decentralized finance* y comprende plataformas de servicios financieros que se constituyen en redes DLT. Al igual que ocurre con el difuso concepto de *fintech*, la noción de DeFi podría resultar demasiado amplia. Por este motivo, la doctrina ha llevado a cabo una caracterización de DeFi para delimitar adecuadamente el fenómeno. En este sentido, una descripción de las características de DeFi con una finalidad acotadora puede encontrarse en FOZ GIRALT, X., “Criptomonedas o criptoactivos distribuidos nativos. Monedas estables y criptomonedas de curso legal. Tokens sobre derechos preexistentes: ICOs (*Initial Coin Offerings*) y STOs (*Security Token Offerings*). NFT (*Non-Fungible Tokens*)”, en M. CUENA CASAS y J. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, *Perspectiva legal y económica del fenómeno FinTech*, La Ley, Madrid, 2021, p. 162.

²⁹ Anteriormente la ausencia de confianza entre las partes tenía que tratarse a través de intermediarios. La DLT sustituye a estos profesionales en dicha labor, de tal manera que se eliminan los costes asociados a la

La desintermediación que propicia la DLT tiene unas repercusiones muy superiores a la que ofrecen otros casos de *fintech*. Así, no se trata únicamente de que una plataforma digital desagregue y preste de manera especializada los servicios financieros que ofrecen las entidades de crédito, sino del hecho de que la DLT permite que las propias infraestructuras de los mercados dispongan de una arquitectura descentralizada³⁰, la constitución de nuevos activos reales y financieros (criptoactivos)³¹ y el uso de *smart contracts* o contratos inteligentes para automatizar relaciones contractuales.

Las finanzas no constituyen el único ámbito afectado por esta tecnología. De hecho, en un primer momento las aplicaciones de la DLT se limitaban al terreno del dinero y de los pagos electrónicos, pero posteriormente se ha descubierto su potencial para transformar la economía y múltiples aspectos de las relaciones humanas³². Tanto es así que la DLT constituye una de las tecnologías punteras que caracterizan a la llamada “Cuarta Revolución Industrial”³³.

Resulta muy esclarecedora la descripción de la DLT como “el Internet del Valor”³⁴ en contraposición al “Internet de la Información”. Esto se debe a que, hasta la aparición de la criptomoneda, Bitcoin, como primer sistema basado en la DLT, Internet no permitía la transferencia segura de valor sin la intervención de una institución financiera especializada, típicamente las entidades de crédito. Por tanto, los métodos de seguridad criptográficos y los protocolos que coordinan la llevanza de un registro distribuido por parte de una red de nodos que no tienen por qué confiar entre sí permiten a los usuarios prescindir de las entidades financieras reguladas y llevar a cabo transacciones en un régimen de *peer-to-peer* o P2P.

Además de las profundas consecuencias económicas de la DLT, hay que tener en cuenta sus efectos en el ordenamiento jurídico. Y es que, en el caso de las finanzas, la intervención de los poderes públicos sobre las relaciones económicas tenía lugar a través de estos intermediarios

intervención de estos terceros. No obstante, la realización de operaciones económicas con la DLT podría generar costes de transacción ausentes en los mecanismos tradicionales de contratación. Esta cuestión se volverá a tratar posteriormente con más detalle. Sobre la importancia de los intermediarios para tratar el fallo de mercado en que consisten las asimetrías informativas y el papel de la innovación tecnológica para gestionar de manera más eficiente dichas imperfecciones vid. CNMC, “Estudio sobre el impacto en la competencia de las nuevas tecnologías en el sector financiero (*fintech*) (E/CNMC/001/18)”, 2018, disponible en https://www.cnmc.es/sites/default/files/2173343_12.pdf (última consulta el 21.07.2019).

³⁰ Las autoridades de la UE han pretendido explotar los beneficios de la descentralización en las infraestructuras de los mercados de valores mediante el desarrollo de un espacio de pruebas específico que pretende articular la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado. COM/2020/594 final.

³¹ La proliferación de criptoactivos a los que no les resulta aplicable la normativa del mercado de valores, entre otras razones que se tratarán más adelante, ha llevado a la Comisión Europea a elaborar un régimen *ad hoc*. La Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los mercados de criptoactivos y por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937. COM (2020) 593 final, o Reglamento MiCA, responde a esta finalidad.

³² Para describir la evolución de las funcionalidades de la DLT se suelen utilizar las expresiones “Blockchain 1.0”, “Blockchain 2.0” y “Blockchain 3.0”. Así, en un primer momento el uso de la DLT quedaría limitado a la constitución de criptomonedas, pero posteriormente se descubrió que esta tecnología habilita la descentralización de la economía mediante el uso de programas (*smart contracts*) que permiten la automatización de los contratos privados y la creación, representación y transmisión del valor en mercados no centralizados. Por último, se espera que la maduración de la DLT permita extender las virtudes de la descentralización a otros ámbitos de las relaciones humanas que requieren confianza. Vid. SWAN, M., *Blockchain. Blueprint for a new economy*, O’Reilly Media, Sebastopol, 2015, pp. 9 y ss.

³³ SCHWAB, K., *La Cuarta Revolución Industrial*, Debate, Barcelona, 2016, p. 15

³⁴ PALOMO-ZURDO, R., “«Blockchain»: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa”, *Documentos de Opinión (Instituto Español de Estudios Estratégicos)*, N 70, (2018), p. 4.

suprimidos en un escenario descentralizado³⁵. El problema fundamental consiste en que, en el ámbito de las comunicaciones electrónicas, el Derecho necesita localizar e identificar a un responsable para garantizar la aplicación de las normas jurídicas³⁶. Así, las redes DLT como Bitcoin, sin perjuicio de que las autoridades traten de perseguir a individuos concretos, resultan inmunes a la acción de los poderes públicos³⁷.

No obstante, tampoco cabe admitir que todas las aplicaciones de las DLTs constituyen casos de *no derecho*. En primer lugar, porque existen registros DLT que no se erigen sobre sistemas verdaderamente descentralizados; puede darse el caso de que existan uno o varios responsables o administradores de las redes en cuestión³⁸. En segundo lugar, porque, a pesar de que ciertas clases de plataformas DLT no puedan intervenir con facilidad, las autoridades sí pueden actuar sobre individuos identificables que realizan conductas subsumibles en las normas vigentes del ordenamiento jurídico³⁹. En este sentido, se ha señalado que en los entornos DLT conviven criptoactivos cuyo valor y funcionalidad están indisolublemente vinculados a un registro distribuido, mientras que otros representan valores ajenos o preexistentes a este, o sea, derechos personales contra los emisores del *token* o ficha —en este caso el derecho podría constituir un

³⁵ En este sentido, la aplicación de la normativa de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo depende de la actuación de las entidades financieras como sujetos obligados. Vid. art. 1 de la Ley 10/2010, de 28 de abril, de prevención del blanqueo de capitales y de la financiación del terrorismo (BOE núm. 103, de 29.04.2010).

³⁶ La imposibilidad de encontrar al responsable de una conducta realizada en Internet determina que, en palabras de VILLAR PALASÍ, Internet constituya un caso de *no derecho*. La idea del no derecho hace referencia a aquellas realidades que permanecen al margen de los sistemas jurídicos nacionales y se rigen por sus propias normas. A pesar de estas dificultades, las autoridades, con mayor o menor éxito, han perseguido las infracciones que se producen en la red. Sin embargo, de acuerdo con DE FILIPPI y WRIGHT, los poderes públicos no disponen de la posibilidad de “infiltrarse” de un modo efectivo en determinados registros distribuidos sin actuar sobre la totalidad de los nodos que conforman la red DLT. Vid. VILLAR PALASÍ, J.L., “Implicaciones jurídicas de Internet”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.) *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, p. 643 y DE FILIPPI, P., WRIGHT, A., *Blockchain and the law: the rule of code*, Harvard University Press, Cambridge, 2018, p. 43.

³⁷ Sin perjuicio del análisis más pausado que se llevará a cabo más adelante, se ha de destacar la posibilidad de tratar de manipular el historial de transacciones de una red como Bitcoin mediante el llamado “ataque del 51%”. La realización de un ataque del 51%, el cual requiere llevar a cabo un esfuerzo económico muy intenso, puede responder a varias finalidades. En primer lugar, el atacante puede buscar lucrarse de la posibilidad de realizar dobles gastos: un comprador adquirió bienes y servicios mediante una entrega de Bitcoins que luego revierte o vuelve a gastar. Debido a los costes del ataque, esta acción solamente podría llevarse a cabo mediante un cártel de mineros. No obstante, es muy improbable que suceda este escenario debido a la ausencia de incentivos económicos. Esto se debe a que la ejecución de los dobles gastos destruiría el valor de las inversiones realizadas en el sistema, dado que el público perdería la confianza en la criptomoneda.

El segundo motivo para llevar a cabo un ataque del 51% viene dado por la destrucción de la red DLT. En dicho caso se habla de un “ataque Goldfinger” porque el atacante pretende acabar con un sistema monetario mediante la destrucción de sus fundamentos. Los gobiernos podrían ejecutar la acometida si los beneficios obtenidos con la desaparición de Bitcoin superasen los costes del asalto. Sin embargo, esta posibilidad también resulta muy remota porque después del dispendio nada impide que otra criptomoneda reemplace el papel de Bitcoin.

Vid. KROLL, J.A., DAVEY, I.C., FELTEN, E.W. “The Economics of Bitcoin Mining, or Bitcoin in the Presence of Adversaries”, 2013, disponible en <https://econinfosc.org/archive/weis2013/papers/KrollDaveyFeltenWEIS2013.pdf> (última consulta el 02.02.2022).

³⁸ Más adelante se propondrá una taxonomía de redes DLT.

³⁹ En el caso conocido como “TheDAO” la U.S. Securities Exchange Commission, SEC en adelante, entendió que las participaciones o *tokens* de la organización descentralizada autónoma, o DAO, del supuesto en cuestión constituían *securities*. De ahí que los emisores de dichos *tokens* o participaciones debieran haber cumplido con las obligaciones de registro dimanantes de la normativa del mercado de valores, la Securities Act of 1933 (May 27, 1933, ch. 38, title I, § 1,48 Stat. 74.). Vid. SEC, “Report of Investigation Pursuant to Section 21(a) of the Securities Exchange Act of 1934: The DAO”, 2017, disponible en <https://www.sec.gov/litigation/investreport/34-81207.pdf> (última consulta el 03.02.2022).

valor negociable y, por tanto, encontrarse sujeto a la normativa del mercado de valores— o representaciones de derechos reales sobre bienes físicos o digitales⁴⁰.

Se infiere de lo anterior que los *tokens* nativos no podrán regularse si pertenecen a redes sobre las que los poderes públicos no pueden intervenir fácilmente, mientras que la emisión de *tokens* derivados sí podrá someterse a un control público⁴¹. Esta situación acaece en la propuesta de Reglamento UE relativo a los mercados de criptoactivos (Reglamento MiCA en adelante), puesto que la proyectada norma afronta la regulación de las llamadas fichas de servicios o *utility tokens* y de determinados criptoactivos de pago sin plantear un régimen jurídico para criptomonedas como Bitcoin u otros *tokens* nativos⁴².

En definitiva, la DLT plantea la posibilidad de descentralizar la economía y cambiar la arquitectura de las organizaciones para dar lugar a fórmulas de gobierno más participativas⁴³. El modelo descentralizado plantea diversos retos para los poderes públicos. En primer lugar, porque los poderes públicos no pueden intervenir directamente sobre aquellas redes DLT que se disponen sobre una estructura descentralizada. En este caso, las autoridades deberán desarrollar otras estrategias para lograr sus objetivos⁴⁴. En segundo lugar, porque deberán introducir aquellas

⁴⁰ Así, IBÁÑEZ JIMÉNEZ distingue entre *tokens* nativos, como aquellos que producen los mineros o validadores de un registro distribuido en ejecución del protocolo de consenso del sistema, de los *tokens* derivados o derivados, que puede emitir cualquier persona con la finalidad de reconocer un derecho a su titular y obtener normalmente financiación a cambio. En el primer caso se encuentran las criptomonedas de redes como Bitcoin. En el segundo se sitúan los llamados *security* y *utility tokens*, esto es, fichas que dan derecho a participar en las ganancias de un proyecto o a acceder a un determinado bien o servicio fungible, y los *tokens* no fungibles (NFT en adelante), como posiciones que representan algún interés sobre bienes no fungibles o únicos. Vid. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J., *Tokens valor (security tokens). Régimen y técnica de los criptoactivos negociables y sus mercados (MICAs)*, Reus, Madrid, 2021, p. 67.

⁴¹ La publicidad de estos *tokens* nativos sí ha quedado regulada en el ordenamiento jurídico español tras la reforma del Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores (BOE núm. 255, de 24.10.2015) mediante el Real Decreto-ley 5/2021, de 12 de marzo, de medidas extraordinarias de apoyo a la solvencia empresarial en respuesta a la pandemia de la COVID-19 (BOE núm. 62, de 13.03.2021). El nuevo art. 240 bis del Texto refundido de la Ley del Mercado de Valores, TRLMV en adelante, prevé la posibilidad de que las autoridades sometan a la publicidad de los criptoactivos, nativos o derivados, a un control ex ante y ex post. La Circular 1/2022, de 10 de enero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, relativa a la publicidad sobre criptoactivos presentados como objeto de inversión (BOE núm. 14, de 17.01.2022) desarrolla las previsiones del art. 240 TRLMV.

⁴² No obstante, la Propuesta de Reglamento MiCA no contiene una regulación apropiada para los NFT. La única mención a esta clase de *token* derivativo se encuentra en el art. 4.2, letra c), de la propuesta. La disposición tiene como única finalidad eximir a los emisores de estos *tokens* de elaborar y publicar el “libro blanco de criptoactivos” cuyo contenido obligatorio la propia norma regula más adelante. De esta manera, unos criptoactivos que pueden entrañar un alto riesgo de pérdidas para sus inversores quedaría sin una regulación efectiva tras el desarrollo del Reglamento MiCA.

⁴³ La DAO ejemplifica el gobierno descentralizado en una organización. En el ámbito societario, el gobierno de la DAO implicaría, sobre el papel, la desaparición del órgano de administración y, en consecuencia, de los problemas de agencia. En realidad, la experiencia del caso TheDAO muestra cómo la administración de una manera u otra continúa presente. Cfr. NAVARRO LÉRIDA, M^a S., “Gobierno corporativo, blockchain y smart contracts. Digitalización de las empresas y nuevos modelos descentralizados (DAOS)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 23, (2018), pp. 8-10 (de la versión disponible en la ley digital).

⁴⁴ BUTERIN, creador de la red Ethereum, y SCHREPEL apuntan a la colaboración entre autoridades y desarrolladores como vía para alcanzar resultados óptimos. En última instancia, el significado de esta colaboración se reduce al desarrollo de redes públicas permisionadas, esto es, registros distribuidos mantenidos sin la intervención de una autoridad central donde existen mecanismos para identificar a los miembros del sistema y aplicar las decisiones de las autoridades. Vid. SCHREPEL, T., BUTERIN, V., “Blockchain Code as Antitrust”, 2020, p. 10, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3597399 (última consulta, el 27.05.2020), RUIZ MARTÍNEZ, J., “Public-Permissioned blockchains as Common-Pool Resources”, 2020, p. 3, disponible en

modificaciones legales que resulten necesarias para capturar las nuevas realidades que se desarrollan en virtud de esta tecnología sin menoscabar el principio de neutralidad tecnológica y la coherencia y sistemática del ordenamiento jurídico⁴⁵.

C. Necesidad de comprensión del impacto de las DLTs en el dinero.

Una de las realidades que se han visto más afectadas por la DLTs es el dinero. Así, la tantas veces mencionada red de Bitcoin busca instaurar un “sistema de efectivo electrónico de igual a igual”⁴⁶ como alternativa al dinero fiduciario. A pesar de la inequívoca afirmación del Libro Blanco de Bitcoin, no han sido pocas las instancias desde las que se ha negado la cualidad dineraria de esta criptomoneda⁴⁷. No obstante, con independencia de su controvertida naturaleza, lo cierto es que las autoridades monetarias admiten que su adopción masiva conllevaría la sustitución del dinero fiduciario por parte de estos criptoactivos, con el consiguiente perjuicio a la eficacia de la política monetaria que llevan a cabo los bancos centrales⁴⁸.

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02477405/document> (última consulta el 10.09.2020) y LLOPIS VAÑÓ, F., “Nuevos modelos de negocio en Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, empresariales y legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 255.

⁴⁵ Defiende la aclaración normativa con la finalidad de promover la seguridad jurídica MARTINO. Vid. MARTINO, P., *Blockchain and banking. How technological innovations are shaping the banking industry*, Palgrave Macmillan, Cham, 2021, p. 87.

⁴⁶ NAKAMOTO, S., “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, disponible en <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (última consulta el 03.02.2022).

⁴⁷ En el año 2012 un estudio del Banco Central Europeo (BCE, en adelante) incluyó la palabra “dinero” en la definición de moneda virtual en los siguientes términos: “a virtual currency is a type of unregulated, digital money, which is issued and usually controlled by its developers, and used and accepted among the members of a specific virtual community”. En el año 2015 un segundo informe del BCE explicitó la necesidad de dejar de calificar a las monedas virtuales como dinero debido a que estos activos criptográficos no desempeñan adecuadamente sus funciones. Así, si se utilizan como medio de pago en una transacción, las criptomonedas o monedas virtuales supondrán una alternativa al dinero: “a digital representation of value, not issued by a central bank, credit institution or e-money institution, which, in some circumstances, can be used as an alternative to money”. El BCE cambia así su primigenia visión del dinero como una realidad cambiante que es fruto del acuerdo social por una perspectiva realista-funcionalista, que solo reputa como sistema monetario a aquel que cumple adecuadamente con las funciones de unidad de cuenta, medio de pago y reserva de valor. Más adelante, se retomará esta cuestión. Vid. BCE, *Virtual Currency Schemes*, Banco Central Europeo, Frankfurt, 2012, p. 13, y BCE, *Virtual currency schemes-a further analysis*, Banco Central Europeo, Frankfurt, 2015, p. 33.

En el ámbito judicial también existen pronunciamientos contradictorios. Así, a los efectos de la determinación de la tributación de las operaciones de canje de criptomonedas por divisas tradicionales en el impuesto sobre el valor añadido, la Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea de 22 de octubre de 2015 sostuvo: “Por lo que respecta a su uso en el mundo real, estas divisas virtuales son análogas a las demás divisas intercambiables, y permiten adquirir bienes y servicios tanto reales como virtuales”. En cambio, en la Sentencia del Tribunal Supremo de 20 de junio de 2019 se mantuvo que el Bitcoin no constituye dinero porque se trata de un activo patrimonial inmaterial que no se ajusta a la definición de dinero electrónico que aporta la Ley 21/2011, de 26 de julio. Vid. Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea en el asunto C-264/14 (Skatteverket / David Hedqvist), de 22 de octubre de 2015. ECLI:EU:C: 2015:718 y Sentencia del Tribunal Supremo 2109/2019, de 20 de junio. ECLI:ES:TS: 2019:2109.

⁴⁸ ECB, “Virtual Currency...”, cit., p. 35.

El ordenamiento jurídico trabaja con la noción de dinero⁴⁹. Sin embargo, el derecho positivo no dispone de una definición universal para este concepto⁵⁰. Ni siquiera el Código Civil (Cc en adelante) español acota el concepto de curso legal⁵¹. En definitiva, el ordenamiento carece de disposiciones que permitan delimitar todas las manifestaciones monetarias.

De hecho, de acuerdo con GLEESON, no existe una regulación del dinero propiamente dicha⁵². Asimismo, la propia determinación los elementos que deben reputarse como dinero, salvo en el caso de las divisas tradicionales, resulta compleja. La condición dineraria de determinados

⁴⁹ La distinción entre la compraventa y la permuta se basa en la intervención o no de dinero en la transacción. Así, la compraventa exige la fijación de un precio, en dinero o signo que lo represente, mientras que la permuta se caracteriza por el intercambio de cosas que no se consideran dinero. Vid. arts. 1445 y 1538 del Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil (Gaceta de Madrid núm. 206, de 25.07.1889).

⁵⁰ Sí existen definiciones relativas a determinadas formas de dinero, aunque el ordenamiento no lleva a cabo una caracterización exhaustiva de todas sus posibles manifestaciones. Así, el art. 1.2 de la Ley 21/2011, de 26 de julio, de dinero electrónico (BOE núm. 179, de 27 de julio de 2011) precisa que constituye dinero electrónico “todo valor monetario almacenado por medios electrónicos o magnéticos que represente un crédito sobre el emisor, que se emita al recibo de fondos con el propósito de efectuar operaciones de pago según se definen en el artículo 2.5 de la Ley 16/2009, de 13 de noviembre, de servicios de pago, y que sea aceptado por una persona física o jurídica distinta del emisor de dinero electrónico”. No obstante, este régimen jurídico no comprende al dinero que mantienen las entidades de crédito como depósitos de sus clientes, el llamado dinero escriturario-bancario, de acuerdo con el considerando 13 de la Directiva 2009/110/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de septiembre de 2009, sobre el acceso a la actividad de las entidades de dinero electrónico y su ejercicio, así como sobre la supervisión prudencial de dichas entidades, por la que se modifican las Directivas 2005/60/CE y 2006/48/CE y se deroga la Directiva 2000/46/CE (DOUE L 267/7, de 10.10.2009). Asimismo, ninguna normativa acota al dinero escriturario-bancario frente a otras clases de dinero. Este extremo no impide que existan normas que dispongan una serie de garantías para los titulares del dinero que figuran en los registros bancarios, este es el caso del Real Decreto-ley 16/2011, de 14 de octubre, por el que se crea el Fondo de Garantía de Depósitos de Entidades de Crédito (BOE, núm. 249, de 15.10.2011). Para una delimitación del dinero electrónico frente a otros sustitutos del efectivo, vid. MADRID PARRA, A., “Dinero electrónico revisitado”, *Revista de Derecho Bancario y Bursátil*, N 151, (2018), pp. 9-60.

⁵¹ El primer párrafo del art. 1170 del Código Civil menciona únicamente al dinero de curso legal como objeto de la prestación dineraria con ocasión del caso en el que no resulta posible entregar la especie pactada. En realidad, el primer párrafo del art. 1170 se limitaría a establecer la regulación de las llamadas deudas de especie monetaria, esto es, relaciones jurídicas de las que resulta la obligación de entregar una especie concreta de dinero. Las deudas en las que no se especifique la especie a entregar constituyen las auténticas deudas de suma de dinero, que deberán abonarse en la moneda de curso legal. Vid. DÍEZ-PICAZO Y PONCE DE LEÓN, *Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial*, Civitas, Cizur Menor, 2008, pp. 289-291. No obstante, el curso legal, o curso forzoso en algunos casos, de una moneda tiene unos efectos jurídicos muy relevantes en la jurisdicción en la que este se encuentra proclamado. Así, de acuerdo con GLEESON, el curso legal implica una sanción para el acreedor de una deuda de suma de dinero que se niega a aceptar en pago la moneda que goza del curso legal, la cual consiste en la imposibilidad de reclamar la obligación dineraria por cualquier otro medio. Vid. GLEESON, S., *The legal concept of money*, Oxford University Press, Oxford, 2018, p. 133. En favor de esta interpretación del curso legal, para el específico caso del euro, se muestra la Comisión Europea mediante la Recomendación de la Comisión, de 22 de marzo de 2010, sobre el alcance y los efectos del curso legal de los billetes y monedas en euros (DOUE L 83 de 30.3.2010). No obstante, se ha de matizar que el acreedor puede evitar la aplicación de estas consecuencias si pacta expresamente el pago de la deuda en una especie concreta, que podrá venir dada entre otras por divisas extranjeras o criptomonedas.

⁵² La regulación financiera se basa en la intervención de los operadores económicos que llevan a cabo determinadas actividades. Sin embargo, algunos oficios, como la concesión de préstamos sin previa captación de depósitos, no se encuentran sujetos a una reserva de actividad y a un consiguiente régimen estatutario, salvo en casos de intervención de consumidores o en el supuesto de concurrencia de usura. En estos últimos casos, el legislador se interpone en las relaciones en las que participa el operador no regulado. Vid. GLEESON, cit. p. 196.

instrumentos de pago y de las criptomonedas dependería del caso concreto, esto es, de la voluntad de las partes de la transacción⁵³.

Las DLTs han dado lugar a la emisión de criptoactivos “nativos” y “derivados”. Estos presentan dificultades de calificación jurídica⁵⁴. Tampoco las clasificaciones funcionales permiten resolver las dudas jurídicas que plantean los criptoactivos⁵⁵. Las criptomonedas se encuentran entre los activos criptográficos que presentan más dificultades de clasificación jurídica.

Además de la importancia de arrojar comprensión acerca de las implicaciones jurídicas de las criptomonedas como principal manifestación de la incidencia de la DLT en el dinero, la necesidad de análisis no se limita al estudio de la aplicación de las categorías jurídicas vigentes al fenómeno concreto de las criptomonedas. En caso de generalización, las monedas virtuales plantean, entre otros riesgos, la imposibilidad de que las autoridades controlen indirectamente la cantidad de dinero en circulación mediante la ejecución de la política monetaria, esto es, un riesgo para la “soberanía monetaria”⁵⁶. Ante esta situación, los legisladores han previsto reforzar la posición del dinero fiduciario mediante nuevas normativas⁵⁷. Asimismo, hay que tener en cuenta que el propósito de hacer frente al nuevo dinero privado, y quizás como consecuencia de la voluntad de aprovechar la coyuntura para disputarle al dólar estadounidense la hegemonía como moneda de

⁵³ GLEESON, cit. pp. 2-4.

⁵⁴ El sistema diseñado en la Propuesta de Reglamento MiCA fragmenta la regulación de los criptoactivos. Por un lado, los criptoactivos que constituyen valores negociables e instrumentos financieros se sujetan a la disciplina de la Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de mayo de 2014 relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE (DOUE L 173/349 de 12.6.2014) y las normativas nacionales de transposición, mientras que la propuesta de reglamento MiCA va dirigida a regular el resto de criptoactivos. No obstante, la estrategia presenta el problema de que la normativa del mercado de valores carece de un concepto adecuado de valor negociable e instrumento financiero que permita distinguir entre los criptoactivos que se someten a una y a otra normativa. Así, CANALEJAS MERÍN, J.F., “Algunas cuestiones en torno a la propuesta de la Comisión europea sobre los mercados de criptoactivos (MiCA)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 27, (2020), pp. 2-3 (de la versión digital disponible en la Ley Digital).

⁵⁵ La Autoridad Suiza Supervisora del Mercado Financiero, o FINMA, aporta una clasificación tripartita de las distintas clases de criptoactivos, a la que hay que añadir la categoría de *tokens* híbridos como aquellos que disponen de características pertenecientes a varios tipos de criptoactivos. FINMA, “FINMA publishes ICO guidelines”, 2018, disponible en <https://www.finma.ch/en/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/> (última consulta el 04.02.2022). No obstante, aunque exista una correlación entre la categoría funcional de *asset tokens*, como aquellos criptoactivos que representan derechos sobre los resultados de proyectos empresariales o sobre bienes, y los *security tokens*, esto es, criptoactivos regulados en el marco de la normativa del mercado de valores, no puede descartarse la posibilidad de que criptoactivos que funcionalmente se clasifican como *utility* también constituyan valores negociables e instrumentos financieros. Vid. GURREA MARTÍNEZ, A., REMOLINA LEÓN, N., “Problemática jurídica, financiera y contable de las Ofertas Iniciales de Moneda”, en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN, *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 277-280.

⁵⁶ Este riesgo viene dado por la sustitución del dinero fiduciario, esto es, el dinero denominado en una divisa de curso legal sin mayor respaldo que la confianza en su aceptación por parte del Estado y de terceros, por las criptomonedas. La política monetaria incide en la provisión de dinero escriturario-bancario para alcanzar sus objetivos. Si los depósitos bancarios denominados en dinero fiduciario se reducen, la eficacia de la política monetaria también. ECB Crypto-Assets Task Force, “Stablecoins: Implications for monetary policy, financial stability, market infrastructure and payments, and banking supervision in the euro area”, *Occasional Paper Series*, N 247, (2020), p. 19.

⁵⁷ A esta finalidad responde la Propuesta de Reglamento MiCA respecto de las “fichas referenciadas a activos” o “fichas de dinero electrónico”. En este sentido, el BCE ha reclamado la potestad para vetar esquemas de fichas referenciadas a activos y fichas de dinero electrónico cuando las correspondientes monedas virtuales representen un riesgo para la estabilidad financiera, la eficacia de los mecanismos de transmisión de la política monetaria y la conocida como soberanía monetaria. BCE, “Dictamen del Banco Central Europeo de 19 de febrero de 2021 sobre una propuesta de reglamento relativo a los mercados de criptoactivos y por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937” (CON/2021/4), pp. 3-4.

reserva internacional⁵⁸, ha llevado a diversas jurisdicciones monetarias a estudiar la emisión de dinero digital del banco central (*Central Bank Digital Currency* o CBDC en adelante).

Las DLTs, a través de las criptomonedas y de su potencial como infraestructura de nuevos sistemas de pago, han revelado la necesidad de reanudar el estudio del dinero como vehículo de la transmisión del valor. En particular, porque la competencia monetaria que plantean las criptomonedas amenaza con transformar las bases de una economía dominada por el dinero fiduciario desde el abandono del sistema de Bretton Woods⁵⁹.

Por otro lado, el tratamiento de la novedad por parte de las autoridades monetarias, consistente en el anuncio de la posible emisión de CBDC, requiere asimismo un esfuerzo analítico. Esto se debe a que esta posición podría obedecer al hecho de que algunas autoridades monetarias se habrían planteado erróneamente la situación⁶⁰. Esta investigación presenta y desarrolla la hipótesis de que, en lugar de focalizar la atención en las posibles medidas en respuesta a la competencia que representan los nuevos casos de dinero privado, las autoridades monetarias deben centrarse en las causas que han dado lugar al constante crecimiento de las criptomonedas.

⁵⁸ La geopolítica constituye uno de los atractivos del CBDC para los Estados. Así, se ha dicho que una de las principales motivaciones detrás del lanzamiento del euro digital viene dado por la intención de las autoridades chinas por lanzar un yuan digital. MUÑOZ GARCÍA, A., “Hacia un euro digital”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, p. 152.

⁵⁹ La desaparición del patrón oro del periodo de entreguerras (conocido como *the gold-exchange standard*, porque en realidad dificultaba la convertibilidad del papel moneda en oro en relación con el patrón oro clásico que precedió a la Primera Guerra Mundial) dio lugar a un periodo de inestabilidad durante la década de los años 30 del siglo XX en el sistema monetario internacional. Los acuerdos de Bretton Woods pretendieron poner fin a dichas tensiones mediante reglas e instituciones que aseguraban la cooperación y la coordinación monetaria internacional. Los riesgos de devaluación se evitaban mediante la fijación de tipos de cambios fijos entre el dólar y las divisas participantes en el sistema, las cuales únicamente podían modificarse en el marco de las reglas de los acuerdos de Bretton Woods. No obstante, este sistema también sucumbiría ante la imposibilidad de EEUU de garantizar la convertibilidad del dólar en oro. Bajo los acuerdos de Bretton Woods, las divisas eran convertibles en oro a través del dólar. Esto implicaba que la liquidez internacional de un país dependía de sus reservas en dólares americanos. El incentivo de los países era, por tanto, acumular dólares estadounidenses para mantener el tipo de cambio al tiempo que se expande su economía. Esta acumulación de dólares por parte de terceros países, con el consiguiente aumento del déficit en la balanza de pagos de EEUU, conllevaría para EEUU la imposibilidad de hacer frente a los pagos en oro.

El abandono de las reglas de Bretton Woods, fundamentalmente la convertibilidad del dólar en oro y los tipos de cambio fijos, conllevó que el dinero de los Estados careciese de cualquier tipo de valor intrínseco, esto es, su valor es exclusivamente fiduciario, y que los precios de las divisas fluctuasen libremente. No obstante, una parte significativa del marco institucional de Bretton Woods perdura hoy en día. Así, el Fondo Monetario Internacional (FMI, en adelante), aunque ya no coordina el mantenimiento de los tipos de cambios, desempeña funciones de apoyo financiero y asesoramiento a los países con dificultades en la balanza de pagos.

IGWE, I.O.C., “History of the International Economy: The Bretton Woods System and its Impact on the Economic Development of Developing Countries”, *Athens Journal of Law*, Vol. 4, N 2, (2018), pp. 111-117.

⁶⁰ WALLER, miembro del consejo de gobernadores de la Reserva Federal de EEUU., se muestra escéptico respecto de la utilidad del CBDC como medio de pago en relación con el dinero bancario-escriturario y como remedio frente a los (supuestos) riesgos que plantean las monedas virtuales. En definitiva, los partidarios del CBDC plantearían diversas justificaciones para emitir dinero digital del banco central, aunque ninguna de ellas resultaría verdaderamente convincente. Vid. CHRISTOPHER, J.W., “CBDC - A Solution in Search of a Problem?”, 2021, disponible en <https://www.bis.org/review/r210806a.pdf> (última consulta el 07.02.2022).

2. Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos

A. Hipótesis y preguntas de investigación

Este trabajo plantea responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo deben los poderes públicos afrontar la disrupción del dinero y de la regulación bancaria y financiera atribuible a las Tecnologías de Registro Distribuido?

La respuesta a esta pregunta general conllevará, dada la multitud de elementos implicados, resolver las siguientes cuestiones específicas:

- ¿En qué consiste la innovación tecnológica de las DLTs? ¿Cuáles son los beneficios, límites y riesgos del empleo de estas tecnologías? ¿Qué papel juegan la gobernanza, los intermediarios y los distintos modelos de protocolos de consenso en los sistemas basados en las DLTs?
- ¿Qué tratamiento jurídico han recibido las DLTs en el Derecho comparado? ¿Qué sectores del ordenamiento jurídico se encuentran particularmente afectados por las DLTs? ¿Qué respuesta jurídica específica requieren algunas de las aplicaciones de las DLTs?
- ¿Qué es el dinero? ¿Qué relación tiene el dinero con el Estado? ¿Qué papel juega el dinero en la política monetaria? ¿Qué importancia le dan actualmente los bancos centrales al dinero como variable macroeconómica?
- ¿Son las criptomonedas dinero? ¿Qué clases de criptomonedas existen? ¿Cuáles son las consecuencias de la competencia monetaria? ¿Qué planteamiento ha seguido la UE a la hora de regular las criptomonedas?
- ¿Cómo han reaccionado los bancos centrales frente a la creciente competencia monetaria y a la digitalización de los pagos? ¿Es adecuada esta respuesta?

La hipótesis que se asume en esta investigación es la insuficiencia de una aproximación jurídica tradicional al estudio del problema de la incidencia de las DLTs en el dinero y en la regulación bancaria y financiera, con la consiguiente necesidad de basar la intervención pública en otros mecanismos. Los poderes públicos encuentran dificultades para imponer unilateralmente la normativa en sistemas descentralizados; la ausencia de un responsable explica esta situación. Por este motivo, resulta necesario adoptar nuevas estrategias, como el enfoque regulatorio *Law is code*, o regulación a través del código (programación). Específicamente, en relación con la competencia monetaria que plantean las criptomonedas, este planteamiento implica que las autoridades deben presentar una respuesta de política monetaria antes que jurídica.

B. Objetivos

a. Exégesis de las DLTs

Como ya se ha dicho, las DLTs, que dan lugar a la llamada cadena de bloques o *Blockchain*⁶¹, constituye el conjunto de tecnologías que permiten el funcionamiento del Bitcoin y de otras criptomonedas.

La aplicación de la DLT al dinero permite materializar propuestas teóricas que pretenden refutar el monopolio del llamado dinero soberano fiduciario⁶². Asimismo, normalmente mediante la

⁶¹ En el Capítulo II se explicará que la cadena de bloques o *Blockchain* no es más que una de las posibles implementaciones de la DLT.

⁶² F.A. HAYEK fue pionero en este sentido al proponer la promoción de la competencia monetaria en su obra *Desnacionalización del dinero*. El objetivo explícito del autor con su proposición consistía en

denominación de las transacciones en esta nueva clase de dinero privado⁶³, la DLT permite articular relaciones contractuales mediante *smart contracts*, crear activos criptográficos de diversa índole y desplegar organizaciones descentralizadas para diversos casos de uso. En definitiva, la DLT permite descentralizar la economía en la medida en que permite sustituir a los intermediarios por una “máquina de la confianza”⁶⁴.

Antes de emprender el análisis de las profundas consecuencias económicas y jurídicas de esta desintermediación, resulta necesario detenerse en los rudimentos de esta tecnología. Este análisis preliminar deberá asimismo abordar los fundamentos económicos de la DLT. La DLT viene a resolver un problema económico, la existencia de costes de transacción⁶⁵ ligados a la intervención de intermediarios. La eficacia de la DLT en el tratamiento de estos costes, sus contrapartidas y la existencia de alternativas requieren atención.

Los incentivos económicos resultan indispensables para el mantenimiento de unas redes descentralizadas tan costosas en términos computacionales. De hecho, la existencia de recompensas en aplicación del protocolo de consenso determina la propia seguridad de la red⁶⁶. Otro aspecto trascendental para el funcionamiento de las redes DLT viene dado por la necesidad de coordinar los ordenadores o nodos que las integran. Tradicionalmente, la coordinación de los miembros de una comunidad se ha llevado a cabo a través de una única instancia o gobierno. Este esquema se ha reproducido también en el caso las primeras redes de comunicaciones telemáticas descentralizadas⁶⁷. No obstante, redes DLT como Bitcoin no disponen de ninguna entidad central;

facilitar al público la provisión de dinero con un poder adquisitivo *estable* en el tiempo. Aunque las similitudes con Bitcoin resultan incontestables, lo cierto es que también existen diferencias entre los modelos monetarios de HAYEK y de S. NAKAMOTO, creador de Bitcoin. Así, en la *desnacionalización del dinero* la emisión de las divisas privadas se produciría por parte de entidades de crédito, mientras que en la red de Bitcoin la creación de nuevas unidades monetarias se reserva a los mineros que superan un reto criptográfico en el marco de una red descentralizada de ordenadores que precisamente pretende sustituir a los intermediarios financieros. Por otro lado, la oferta monetaria de Bitcoin es completamente rígida, existe un límite máximo de Bitcoins en circulación que se concreta en la cifra de 21 millones de unidades; la estabilidad del valor del dinero que persigue HAYEK, en cambio, requiere la flexibilidad de la oferta monetaria. HAYEK, F.A., *Denationalisation of money: the argument refined*, The Institute of Economic Affairs, Londres, 1990, pp. 46-50,

⁶³ La red de Ethereum, la más extendida para el desarrollo de aplicaciones descentralizadas o DAPP (por sus siglas en inglés), requiere que las transacciones se lleven a cabo en la criptomoneda nativa de la plataforma, el ether. Esto se debe a que los costes computacionales de ejecutar dichas operaciones en la red descentralizada deben pagarse en ether. El ether es una criptomoneda volátil, lo cual añade un riesgo económico a la utilización de *smart contracts*. Vid. ⁶³ ANTONOPOULUS, A.M., WOOD, G., *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and Dapps*, O'Reilly Media, Sebastopol, 2018, capítulo 2 (versión digital —html— del libro).

⁶⁴ La expresión aparece en SWAN, “Blockchain. Blueprint for...”, p. 27.

⁶⁵ Los costes de transacción son tan relevantes que su existencia justifica que los operadores económicos se organicen en estructuras empresariales en lugar de acudir directamente a los mercados. De esta manera, R.H. COASE justifica la existencia de la empresa en su célebre artículo *The nature of the firm*. Vid. COASE, R.H., “The Nature of the firm”, *Economica, New Series*, Vol. 4, N 16, (1937), pp. 386-405 y COASE, R.H., “The problem of social cost”, *The Journal of Law & Economics*, Vol. 3, octubre, (1960), pp. 1-44.

⁶⁶ Los incentivos económicos en que consisten las recompensas estimulan el comportamiento honesto de los mineros o validadores como contables del historial de transacciones. Esto se debe a que el descubrimiento de un historial de transacciones manipulado puede destruir el valor de las unidades monetarias de la red DLT y, por tanto, de las recompensas obtenidas. Asimismo, hay que tener en cuenta los costes de llevar a cabo un ataque “Goldfinger” contra la integridad de la red. Vid. CHEN, L.W., XIAO, Y., “A Brief Introduction to Blockchain Economics”, en K. R. BALACHANDRAN (Ed.) *Information for efficient decision making: big data, blockchain and relevance*, World Scientific Publishing Company, Singapur, 2020, p. 12.

⁶⁷ La antigua red de igual a igual (*peer-to-peer* o P2P) de Napster, dedicada al intercambio de archivos musicales, contaba con una arquitectura “centralizada”, en la medida en que requería la intervención de un servidor central para distribuir la información entre los nodos de la red. Vid. DING, C.H., NUTANONG, S.,

el protocolo de consenso realiza esta función. En este sentido, se plantea la cuestión de la conveniencia de implantar en estos registros distribuidos sistemas de gobernanza formales con la finalidad de facilitar la coordinación de la red en lo que respecta a la toma de decisiones⁶⁸.

Por otro lado, la profundización en los aspectos generales de las DLTs nos permitirá analizar a los intermediarios que operan en estos ecosistemas. Así, se aprovechará la oportunidad para justificar la persistencia de los intermediarios en estos entornos y abordar extremos tales como su tipología, características y regulación.

Por último, la incardinación de la DLT, como innovación tecnológica transformadora de la economía y las relaciones interpersonales, en el ordenamiento jurídico plantea múltiples retos⁶⁹. Algunos de estos interrogantes se suscitan en relación con aplicaciones específicas de la DLT, tales como los *smart contracts* o los criptoactivos⁷⁰.

b. Análisis de la naturaleza del dinero y de la redistribución a través de la política monetaria

Una vez terminada la incursión en los aspectos jurídicos, económicos y técnicos de las DLTs, la investigación se orienta al análisis de la realidad económico-monetaria en la que hay que situar a una de las principales aplicaciones de las DLTs, las criptomonedas. Esta realidad no es otra que la del dinero. De hecho, la justificación del por qué las criptomonedas conforman una realidad monetaria vendrá dada por la propia explicación de qué es el dinero.

De entre todas las cuestiones que plantean las DLTs, la investigación se centra en su impacto monetario debido a que el dinero constituye algo de extrema importancia para la calidad de vida de los ciudadanos. La relevancia del dinero y, en concreto, de la regulación de su oferta a través

BUYA, R., “P2P Networks for Content Sharing”, disponible en <https://arxiv.org/ftp/cs/papers/0402/0402018.pdf#:~:text=The%20architecture%20of%20Napster%20is,traffic%20between%20individual%20registered%20users> (última consulta el 09.02.2022).

⁶⁸ Se trata de un término que en Ciencia Política alude a los resultados del proceso de la descentralización del poder político, esto es, a una participación significativa de las entidades políticas territoriales y actores sociales en la toma de decisiones de gobierno. Vid. PORRAS NADALES, A., *La acción de gobierno: gobernabilidad, gobernanza, gobermedia*, Editorial Trotta, Madrid, 2014, p. 31. En el ámbito de las DLTs, el concepto designa a los mecanismos que permiten articular el gobierno de una red DLT sobre un esquema participativo. No obstante, hay que tener en cuenta que el gobierno de una red DLT también puede atribuirse en exclusiva a un ente. Para los tipos de gobernanza en redes DLT vid. ARRUÑADA SÁNCHEZ, B. y GARICANO GABILONDO, L., “Blockchain: The Birth of Decentralized Governance”, *Universitat Pompeu Fabra Economics Working Paper Series*, N 1608, (2018), pp. 24-28.

⁶⁹ Uno de los problemas más significativos viene dado por la incompatibilidad entre la inmutabilidad del historial de transacciones de un registro DLT y el ejercicio del derecho al olvido o derecho de supresión dimanante de la normativa del mercado de protección de datos personales, esto es, el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (DOUE L 119/1, de 04.05.2016). La necesidad de encontrar soluciones frente a esta contradicción ha motivado la realización de múltiples estudios, como los de FINCK, M., “Blockchain and the General Data Protection Regulation”, 2019, disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/634445/EPRS_STU\(2019\)634445_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/634445/EPRS_STU(2019)634445_EN.pdf) (última consulta el 14.02.2022).

⁷⁰ La doctrina ha propuesto la imposición de cautelas frente a los riesgos que plantean los *smart contracts* en las relaciones de consumo. Vid. TUR FAÚNDEZ, C.E., *Smart contracts. Análisis jurídico*, Reus, Madrid, 2018, p. 71 y ss. y LEGERÉN-MOLINA, A., “Los contratos inteligentes en España. La disciplina de los smart contracts”, *Revista de Derecho Civil*, Vol. 5, N 2, (2018), p. 200. En este sentido, a nivel del derecho de la UE, el hecho de que el paquete de finanzas digitales haya incluido dos propuestas de reglamentos UE, uno dedicado a la regulación de los criptoactivos y otro a la activación de un régimen piloto de las infraestructuras de mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado, demuestra la necesidad de abordar sectorialmente la normación de la DLT.

de la política monetaria, contrasta con la escasa atención que recibe por parte de los juristas⁷¹. El dinero es, por tanto, una de las piedras angulares sobre la que se erige la intervención pública en la economía⁷².

Asimismo, los sucesivos incrementos de la oferta monetaria dirigidos por los bancos centrales tienen necesariamente efectos redistributivos entre el público que utiliza una determinada divisa, de ahí el impacto de la política monetaria en el bienestar de los ciudadanos⁷³.

En un contexto donde el dinero de los Estados es plenamente fiduciario, esto es, los soportes monetarios carecen de cualquier tipo de valor intrínseco⁷⁴, su constante depreciación mediante la manipulación de la oferta monetaria constituye el principal aliciente para el aumento de la circulación de las criptomonedas como medio de pago alternativo. No obstante, y a pesar del acierto de determinados economistas partidarios de la Teoría Cuantitativa del Dinero respecto a la predicción del aumento de la inflación en 2021⁷⁵, la lectura de las autoridades monetarias es bien diferente⁷⁶.

Es más, actualmente el interés de las autoridades monetarias se encuentra en el estudio de la posible emisión de CBDC⁷⁷. Las autoridades renuncian así a afrontar la principal causa de la

⁷¹ MARTÍN MATEO publicó una monografía que, entre otros aspectos, pretendía esclarecer las posibilidades de intervención jurídica sobre los actos de la Administración monetaria en el contexto de una época previa a la desaparición del sistema instaurado por los acuerdos de Bretton Woods. Se trataba así de explorar las posibilidades de defensa del ciudadano frente a actos que, indirectamente, constituía un perjuicio para su patrimonio. MARTÍN MATEO, R. *Administración monetaria*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1968, p. 18.

⁷² De acuerdo con J.M. KEYNES, un incremento en la cantidad de dinero —regulación de la oferta monetaria por parte del banco central— producirá una caída en el tipo de interés. La reducción en el tipo de interés supondrá la derivación del efectivo hacia el consumo y el aumento de la inversión, con el consiguiente incremento del empleo. Vid. KEYNES, J.M., *The general theory of employment, interest and money*, Cambridge University Press, Cambridge, 2013, pp. 171-172.

⁷³ Según los partidarios de la Teoría Cuantitativa del Dinero, la inflación no influye en el medio y largo plazo en relación con la productividad nacional. Sin embargo, sí produce efectos redistributivos como consecuencia del empobrecimiento de los ahorradores, de la devaluación del valor del dinero que implica la inflación o subida general de los precios, y del correlativo enriquecimiento de aquellos operadores económicos que perciben en primer lugar el nuevo dinero que crea la política monetaria expansiva. Vid. RUIZ OJEDA, A., “Green Monetary Policy: del pánico climático a la implosión de la Eurozona”, en J. F. ALENZA GARCÍA y L. MELLADO RUIZ (Coords.), *Estudios sobre cambio climático y transición energética*, Marcial Pons, Madrid, 2022, p. 829.

⁷⁴ Las criptomonedas constituyen un caso de dinero privado fiduciario al carecer de convertibilidad en un metal de respaldo, típicamente el oro.

⁷⁵ En 2020 las autoridades monetarias y la opinión mayoritaria en la profesión económica defendía la necesidad de combatir la venidera deflación o caída generalizada de los precios de 2021 mediante estímulos monetarios. No obstante, entre otros, CASTAÑEDA y CONGDON predijeron un pronunciado aumento de la inflación en respuesta al desproporcionado incremento de la oferta monetaria. Vid., CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., CONGDON, T., “Inflation: the next threat?”, 2020, pp. 19-23, disponible en <https://iea.org.uk/publications/33536/> (última consulta el 15.02.2022).

⁷⁶ A finales de 2021, y tras varios meses con niveles inusualmente altos de inflación, el BCE insistía en aportar una explicación no monetaria a la subida generalizada de los precios. En esta línea, el BCE insistía en que la inflación es transitoria al prever su descenso a lo largo de 2022. Vid. BCE, “Why is inflation currently so high?”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/high_inflation.en.html (última consulta el 15.02.2022).

⁷⁷ En octubre de 2020, el Banco Central Europeo (BCE, en adelante) publicó su primer estudio sobre el posible lanzamiento de un euro digital. En este, sin llegar a revelar las principales características del diseño del hipotético nuevo dinero, plantea los principales principios y requisitos que el proyecto tendría que cumplir. Posteriormente, el BCE anunciaría el inicio de una fase de investigación acerca de esta iniciativa de una duración de dos años (desde octubre de 2021 a octubre de 2023). Durante este periodo han aparecido otros informes que justifican la posible adopción del CBDC en la eurozona con motivo de la supuesta

competencia monetaria que constituyen las criptomonedas —la constante devaluación del dinero fiduciario soberano⁷⁸—, al tiempo que buscan alternativas que les permitan bloquear el avance de las nuevas divisas digitales competidoras y continuar con la regulación de la oferta monetaria⁷⁹.

c. Estudio del impacto de las DLTs en los esquemas de intervención de los poderes públicos

El interés por la posible emisión de un CBDC constituye una muestra de la evolución de los instrumentos de la política monetaria de los Estados. No obstante, no es necesario conjeturar acerca de la probabilidad de que el CBDC u otros nuevos instrumentos de política monetaria se adopten como consecuencia del surgimiento del dinero digital descentralizado para demostrar la continua adaptación de la política monetaria: la crisis económica y financiera internacional del 2007-08 ha incrementado significativamente el número de instrumentos de la política monetaria⁸⁰.

Los cambios tampoco se han reducido a una ampliación del repertorio de herramientas de los bancos centrales. El uso de algunos instrumentos que ya existían se ha reorientado para producir nuevos resultados. Este es el caso del pago de intereses a las reservas voluntarias que los bancos comerciales mantienen en los bancos centrales. El cambio ha consistido en la evolución de un

necesidad de asegurar la convertibilidad de los medios de pago privados denominados en euros en dinero del banco central. Vid. BCE, “Report on a digital euro”, 2020, disponible en https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Report_on_a_digital_euro~4d7268b458.en.pdf (última consulta el 25.02.2022), BCE, “Investigation phase”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/investigation/html/index.en.html (última consulta, el 25.02.2022), BRUNNERMEIER, M.K., LANDAU, J.P., “The digital euro: policy implications and perspectives”, 2022, disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/703337/IPOL_STU\(2022\)703337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/703337/IPOL_STU(2022)703337_EN.pdf) (última consulta el 25.02.2022).

⁷⁸ Para autores como BRUNNERMEIER, JAMES y LANDAU, la principal causa de la competencia monetaria entre las nuevas monedas digitales y las divisas oficiales ya no se encuentra en la estabilidad del valor del dinero. El mantenimiento del poder adquisitivo, en contraste con la tesis de HAYEK acerca de la desnacionalización del dinero, pierde importancia en un contexto digital con bajos costes de cambio entre divisas en el que las funciones de medio de cambio y reserva de valor pueden desempeñarse por parte de diferentes activos. Asimismo, hay que tener en cuenta que el principal incentivo para adoptar una divisa digital vendría dado por el atractivo de los servicios de las plataformas digitales, redes sociales y entidades de dinero electrónico que las emitan. Vid. BRUNNERMEIER, M.K., JAMES, H., LANDAU, J.P., “The digitalization of money”, *BIS Working Paper*, N 941, (2021), pp. 9-14.

No obstante, se ha de advertir que estos autores se refieren a las hipotéticas consecuencias de las *Global Stablecoins*, o monedas estables globales vinculadas a plataformas digitales internacionales como Facebook. Las criptomonedas como Bitcoin, en cambio, sí responden al modelo de HAYEK de competencia monetaria “tradicional” en el que prevalece la moneda que otorga más estabilidad, si bien es cierto que criptomonedas como Bitcoin tienden más a la apreciación que a la estabilidad de su valor en relación con los bienes y servicios que pueden adquirirse con ellas.

⁷⁹ Aunque el CBDC permita colocar más cantidad de dinero de curso legal en manos del público, lo cierto es que esta medida no podrá reducir por sí sola la demanda de criptomonedas como Bitcoin. Precisamente, por el hecho de que la pérdida del poder adquisitivo de las divisas oficiales fomenta la huida hacia las criptomonedas.

⁸⁰ Las medidas que los bancos centrales han utilizado tradicionalmente para controlar la oferta monetaria y los tipos de interés reales, o medidas convencionales, han sido las operaciones de mercado abierto, los préstamos de descuento o facilidad marginal de crédito y los requerimientos de reservas. No obstante, con motivo de la crisis internacional de 2007-08, los bancos centrales han utilizado nuevas fórmulas para estimular la economía: los programas extraordinarios de provisión de liquidez, la compra de activos por parte del banco central o expansión cuantitativa, los preanuncios monetarios o *forward guidance* y la aplicación de un tipo de interés negativo a los depósitos de los bancos comerciales en el banco central.

Tal y como destaca F. S. MISHKIN, estas medidas no convencionales se idearon para recuperar la economía ante los efectos devastadores de la crisis del 2007-08. Sin embargo, los bancos centrales han terminado por mantener estas medidas una vez superada la recesión debido a que la política monetaria se ha acomodado a las necesidades financieras de los Estados. Vid. MISHKIN, F.S., *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*, Pearson, Harlow, 2019, pp. 420-434.

sistema de *pasillo* a otro de *suelo* en lo que respecta a la determinación del tipo de interés interbancario. Así, anteriormente, el tipo de interés interbancario, determinado mediante la interacción de la demanda y oferta de reservas bancarias, se situaba en una franja cuyos umbrales máximo y mínimo venían marcados por el banco central⁸¹. Ahora, en cambio, el tipo de interés interbancario viene directamente determinado por la remuneración de las reservas depositadas en el banco central, de tal manera que el tipo de interés al que se abonan las reservas actúa como un suelo para el interbancario⁸².

Si un cambio de ciclo económico como el que vino dado por la crisis económico-financiera de 2007-08 ha producido todas estas variaciones operativas en la política monetaria, debe admitirse *a fortiori* que la innovación tecnológica en materia monetaria puede trastocar por completo de los esquemas de intervención de los poderes públicos en general y, en particular, los de la política monetaria⁸³.

Ahora bien, resulta capital enjuiciar la conveniencia de las propuestas y, en su caso, ofrecer alternativas. Esto se debe a que, sin perjuicio de que las medidas no convencionales surgieran para tratar circunstancias imprevistas y extraordinarias, en unos casos su injustificada prolongación puede conllevar efectos perjudiciales a largo plazo y, en otros supuestos, la innovación puede suponer un error de partida⁸⁴. Idéntico razonamiento cabe llevar a cabo respecto de la reacción de los poderes públicos frente a la competencia monetaria que representan las criptomonedas.

⁸¹ El umbral mínimo es el tipo de interés que el banco central paga a los bancos comerciales por los depósitos que estos mantienen en aquel (el instrumento, de acuerdo con la jerga del BCE, es la facilidad de depósito). El umbral máximo coincide con el tipo de interés que el BCE exige a los bancos cuando actúa como *prestamista de última instancia*, esto es, como proveedor de reservas que actúa cuando el mercado interbancario no funciona (en este caso, la herramienta del BCE recibe el nombre de facilidad marginal de crédito). Vid. RUIZ OJEDA, A., “Monetización del déficit público y compra de deuda soberana por el BCE/SEBC. (A propósito de la jurisprudencia Pringle-Gauweiler-Weiss del TJUE)”, *InDret. Revista para el Análisis del Derecho*, N 3, (2020), p. 371.

⁸² La intención inicial de las autoridades monetarias habría sido la de mantener el control sobre la determinación del tipo de interés interbancario bajo un sistema de *pasillo*. No obstante, este intento no sería eficaz si la remuneración de las reservas fuera inferior a la rentabilidad de prestar en el mercado interbancario: era necesario eliminar el coste de oportunidad de mantener reservas en el banco central. Vid. SELGIN, G., “Floored! How a Misguided Fed Experiment Deepened and Prolonged the Great Recession”, *Cato Working Paper*, N 50, (2018), p. 16.

⁸³ En los últimos tiempos los bancos centrales han mostrado su disposición a asumir nuevos objetivos no relacionados con sus funciones tradicionales: el control de la inflación y la estabilidad financiera. Destaca en este sentido la mitigación del cambio climático. La *Green Monetary Policy* o política monetaria verde justificaría así la adopción de un nuevo elenco de medidas por parte de los bancos centrales. No obstante, tal y como propio el BCE anticipa, la política monetaria verde se enfrenta a críticas, límites y contrapartidas. Vid. BONEVA, L., FERRUCCI, G., MONGELLI, F.P., “To be or not to be “green”: how can monetary policy react to climate change?”, *Occasional Paper Series*, N 285, (2021), pp. 22-25.

⁸⁴ En Japón el prolongado estancamiento económico ha coincidido con unos ineficaces y dilatados programas de estímulo monetario, pero el problema no queda circunscrito al estancamiento. La acomodación de la política monetaria a las necesidades fiscales de los gobiernos perpetúa los desequilibrios del sistema y debilitan a largo plazo la productividad nacional. Vid. LACALLE FERNÁNDEZ, D., *La gran trampa*, Deusto, Barcelona, 2017, pp. 123-133.

Por su parte, el *sistema de suelo* constituye un error de partida de acuerdo con ciertos analistas. En primer lugar, porque si el tipo de interés que se aplica sobre las reservas fuese superior al tipo de interés interbancario de mercado el banco central podría haber adoptado una indeseada política monetaria restrictiva. En segundo lugar, porque este desfase entre el interbancario que marca el banco central y el que habría resultado de no existir el suelo puede encarecer —y así desincentivar— la provisión de crédito. Vid. BECKWORTH, D., “The Great Divorce: The Federal Reserve’s Move to a Floor System and the Implications for Bank Portfolios”, 2018, pp. 8-9, disponible en <https://www.mercatus.org/system/files/beckworth-great-divorce-mercatus-research-v1.pdf> (última consulta el 02.03.2022).

3. Metodología y método.

La investigación implementa dos perspectivas claramente diferenciadas. Por un lado, pretende realizar un análisis positivo acerca de la naturaleza, características e implicaciones económicas y jurídicas de la DLT y de sus principales utilidades o aplicaciones, singularmente las criptomonedas. De otro, lleva a cabo un análisis normativo para discriminar qué postura deben adoptar los poderes públicos frente a los cambios que se han producido en el panorama monetario.

La hipótesis o presupuesto de la que parte esta investigación reside en que la comprensión de los procesos económicos que subyacen en el funcionamiento de ciertas instituciones, en este caso el dinero, resulta fundamental para el desarrollo de políticas públicas eficientes. Ni las criptomonedas ni la competencia monetaria entre divisas oficiales y privadas tienen precedentes en la historia económica reciente. No obstante, la improbabilidad como resultado de un análisis probabilístico ejecutado sobre datos empíricos procedentes de la experiencia pasada de que las criptomonedas reemplacen al dinero fiduciario como medio de cambio en las economías modernas no debería conducirnos a la inequívoca conclusión de que tal sustitución no es posible⁸⁵. Así, la Teoría del Cisne Negro avalaría la posible adopción de Bitcoin o de otras criptomonedas como medio de cambio generalizado. Este hecho ocurriría siempre que se den las condiciones necesarias⁸⁶.

Esta investigación sigue una estrategia analítica. Se pretende así estudiar un objeto tan complejo como la aparición de un efectivo electrónico desvinculado de la autoridad monetaria mediante la disección de las diferentes aristas que lo componen: la infraestructura sobre la que opera, su naturaleza económica y jurídica, su relación con el Estado y el crédito, etc. El objetivo consiste en obtener elementos de juicio suficientes para delimitar la esencia de las cuestiones que los poderes públicos deben afrontar. Esta síntesis permitirá aportar a las autoridades directrices de actuación para una nueva economía descentralizada. La digitalización monetaria supone así un nuevo límite a la pretensión de poner en práctica una política monetaria que desatienda la lógica de los mercados⁸⁷.

Para valorar los diferentes elementos que constituyen el objeto de estudio, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica con un enfoque multidisciplinar. Así, la descripción de la ontología de la DLT, el dinero, las diferentes propuestas de criptomonedas y el análisis de las tendencias regulatorias en materia monetaria incorporará una perspectiva económica y jurídica.

⁸⁵ Sigo en este sentido la Teoría del Cisne Negro de N.N. TALEB. Según este autor, un Cisne Negro es un suceso que tiene tres atributos: rareza, entendido como el hecho de que es impredecible en tanto que no hay evidencias que respalden la afirmación de su existencia; de gran impacto, y generador de teorías explicativas a posteriori. TALEB, N. N., *El Cisne Negro*, Paidós, Barcelona, 2011, p. 24.

⁸⁶ Hay factores que explican la resistencia de las divisas oficiales frente a la penetración de las criptomonedas. Los efectos de red y los costes de cambio, con los consiguientes problemas de coordinación, justifican que criptomonedas como Bitcoin solo puedan prevalecer sobre el dinero fiduciario tradicional en supuestos de grave inestabilidad monetaria. Vid. LUTHER, W.J. “Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Cost”, *Mercatus Center Working Paper*, N 13-17, (2018), pp. 36-37.

⁸⁷ La dolarización informal de la economía reduce o elimina la circulación de una divisa que experimenta un proceso de hiperinflación. De este modo, la existencia de divisas más estables perjudica siempre a la “soberanía monetaria”. No obstante, la digitalización del dinero incrementa la competencia monetaria porque permite utilizar una única divisa en diferentes jurisdicciones en el marco de una red de pagos digital, beneficio que se encuentra fuera del alcance de las monedas oficiales. BRUNNERMEIER, JAMES, LANDAU, “The digitalization...” cit., pp. 21-22.

CAPÍTULO II. LAS DLTs.

1. Fundamentos de la tecnología

A. Terminología

a. Introducción

En primer lugar, resulta necesario aclarar que las DLTs no constituyen únicamente una innovación tecnológica con aplicación en las finanzas, aunque lo cierto es que el sector financiero ha concentrado el interés por estas tecnologías⁸⁸.

El estudio de los rudimentos de las soluciones descentralizadas debe comenzar por el establecimiento de una terminología básica. Las DLTs constituyen un conjunto de tecnologías que permiten que distintos ordenadores o servidores, también denominados nodos, conformen un registro compartido que almacena datos de forma permanente, simultánea y pública⁸⁹. Entre las principales propiedades de este registro compartido destacan su carácter distribuido, que implica que la información registrada se distribuya entre todos los nodos que constituyen la red, y el carácter descentralizado⁹⁰, que comporta la ausencia de un servidor central del que dependa la red. Asimismo, el sistema de relaciones que se establece entre los nodos se basa en un régimen de *peer-to-peer*, esto es, en la igualdad de los miembros de la red. No obstante, existe la posibilidad de que se produzca una acumulación del poder computacional en unos pocos nodos y, en consecuencia, la red distribuida puede quedar bajo su control⁹¹. Por otro lado, debe destacarse que, aunque el registro se reproduzca de forma distribuida y descentralizada, el registro distribuido es único, es decir, todos los datos se almacenan por igual en todos los nodos⁹².

Hay que aclarar que las bases de datos distribuidas existían con anterioridad al surgimiento de las DLTs. No obstante, la coordinación de aquellos sistemas dependía de una autoridad central; los registros DLT, en cambio, se sirven de *protocolos de consenso* para gestionar de forma segura la anotación de las *transacciones*⁹³ sin un servidor central.

⁸⁸ Para las *fintechs* resulta especialmente interesante utilizar esta tecnología como soporte de sus procesos, ya que no disponen de un anclaje a una infraestructura tecnológica desfasada. Vid. MADRID PARRA, A., “Smart contracts-Fintech: reflexiones para el debate jurídico”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 52, (2020), p. 31 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

⁸⁹ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., *Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español*, Dykinson, Madrid, 2018, p. 15.

⁹⁰ Para MATTHIEU QUINIOU es preferible el término “no centralizado” a descentralizado porque técnicamente en una red descentralizada existe un nodo central que posteriormente se ramifica en nodos “centralizados” de segundo nivel y estos nodos constituyen a su vez el punto central del que dependen los nodos pertenecientes a los niveles sucesivos. Esto es, en puridad la arquitectura de las redes DLT es distribuida y los nodos se encuentran en un régimen de comunicación *peer-to-peer*. Vid. QUINIOU, M., *Blockchain. The Advent of Desintermediation*, John Wiley & Sons, Nueva Jersey, 2019, pp. 7-11. No obstante, este trabajo utilizará descentralizado como sinónimo de *peer-to-peer* por su amplia aceptación entre la doctrina.

⁹¹ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., p. 17. No obstante, como anteriormente se dijo, los mineros que dispongan de una mayoría en la red no tienen incentivos para manipularla debido a que podrían en riesgo el capital que han invertido para alcanzar esa posición de dominio.

⁹² GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, M., *Entender Blockchain. Una introducción a la tecnología de registro distribuido*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017, p. 40.

⁹³ El protocolo de consenso constituye una serie de reglas programadas que indican a los miembros de un registro distribuido cómo deben introducir transacciones y verificarlas. Permiten sustituir a la autoridad central que actúa como coordinador del sistema. ROMERO UGARTE, J.L., “Tecnología de Registros Distribuidos (DLT): una introducción”, *Boletín económico-Banco de España*, N 4, (2018), pp. 1-2.

Existe más controversia en torno al concepto de *Blockchain* (literalmente, cadena de bloques), ya que puede llegar a tener un uso equívoco⁹⁴. Sin embargo, de todos los significados posibles, la definición más cercana a la literalidad del término es la que hace referencia a la operativa mediante la cual se introducen y validan datos (transacciones, como veremos) en el registro DLT. En definitiva, *Blockchain* consiste en un tipo de registro DLT en el que los nodos se encuentran en un régimen de *peer-to-peer*⁹⁵ y que se constituye en virtud de un conjunto de tecnologías que permiten consignar las transferencias de valor e información entre los miembros que conforman la red. Entre las tecnologías o procesos que utilizaría *Blockchain* se encontrarían: el algoritmo del registro que estructura los datos en bloques y otros elementos que aseguran la integridad del sistema, tales como la criptografía y el sellado temporal⁹⁶. No obstante, *Blockchain* constituye únicamente una de las implementaciones posibles de las DLTs. Así, cabe desarrollar un registro distribuido en régimen de *peer-to-peer* con base en otras soluciones tecnológicas⁹⁷. No obstante, hay que señalar que, sin perjuicio de que se traten los fundamentos de las tecnologías alternativas a *Blockchain*, este trabajo se centrará en los proyectos que confían en la cadena de bloques como solución técnica debido al número e importancia de los sistemas DLT basados en *Blockchain*.

Una particularidad de las DLTs consiste en que estas tecnologías permiten tanto el desarrollo de redes dedicadas a una única función —un nuevo sistema de pagos y moneda descentralizada— como a la formación de ecosistemas distribuidos muy amplios. En el segundo caso, una primera capa de *software* asienta el funcionamiento de la red; sobre la plataforma formada se desarrollan aplicaciones específicas que constituyen un segundo estrato de *software*⁹⁸. Bitcoin y Ethereum representan, respectivamente, cada uno de los modelos. En definitiva, el diseño originario de la red condiciona decisivamente su posterior evolución. Esto no significa que la configuración originaria de un sistema DLT resulte inamovible: los programadores continuamente tratan de añadir mejoras a la arquitectura de los registros DLT.

Además de la posibilidad de actualizar el protocolo de Bitcoin, existen otros medios para mejorar la propuesta originaria de S. NAKAMOTO, creador de Bitcoin que actúa bajo un seudónimo. Una primera vía consiste en la creación de una nueva red DLT —estos registros alternativos se conocen como *altchain*— que utilice el código fuente (que es público) de Bitcoin con cambios. Las cadenas alternativas o *altchains* suelen disponer de una criptomoneda propia —conocida como *altcoin*—, esto es, una unidad de valor diferente de Bitcoin.

Por otro lado, el protocolo de consenso debe resistir —al menos hasta cierto nivel— el problema de los generales bizantinos, esto es, la posibilidad de que la red quede inutilizada como consecuencia del ataque de actores maliciosos. DELGADO DE MOLINA RIUS, A., “Blockchain: concepto, funcionamiento y aplicaciones” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dirs.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 35.

En un registro distribuido en el que los nodos se encuentran en un régimen de *peer-to-peer*, cada ordenador actúa como cliente y como servidor. Vid. DELGADO DE MOLINA RIUS, cit., pp. 35-39.

Los términos de protocolo de consenso y transacciones se definen posteriormente en el glosario.

⁹⁴ Este término puede utilizarse para referirse al *software* que implementa este registro compartido, al *hardware*, al espacio virtual que se desarrolla en virtud de esta tecnología, a su protocolo de consenso, etc.

IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., pp. 20-21.

⁹⁵ DELGADO DE MOLINA RIUS, cit., pp. 35-39

⁹⁶ DRESHER, D., *Blockchain Basics. A Non-Technical Introduction in 25 Steps*, Apress, Nueva York, 2017, p. 34.

⁹⁷ En ese caso, el historial de transacciones que comparten los nodos que gestionan el registro distribuido no se ordenaría mediante la técnica de la cadena de bloques. Así, la criptomoneda del proyecto IOTA utiliza la tecnología *Tangle* en sustitución de *Blockchain*. Vid. POPOV, S., “The tangle”, 2018, p. 2, disponible en https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/2t4uxvslqk0EUau6g2sw0g/45eae33637ca92f85dd9f4a3a218e1ec/iota1_4_3.pdf (última consulta el 24.04.2019).

⁹⁸ SCHREPEL, T., “Is Blockchain the death of antitrust law? The Blockchain antitrust paradox”, *Georgetown Law Technology Review*, Vol. 3, N 2, (2019), p. 295.

Por otro lado, existe la posibilidad de añadir nuevas funcionalidades a redes DLT mediante el desarrollo de cadenas paralelas o *sidechains*. Así, cabe desarrollar aplicaciones que la *cadena padre* u original no admitía en un nuevo registro DLT al que pueden transferirse los criptoactivos de la primera. De esta manera, los contratos inteligentes o *smart contracts*, desarrollados sobre la cadena paralela, pueden automatizar operaciones con Bitcoins⁹⁹.

Las conocidas como “soluciones de segunda capa” o “registros *off-chain*” suponen la creación de entornos o protocolos que completan a un registro DLT existente. En este caso, el objetivo es acabar con los problemas de escalabilidad que presentan ciertos registros DLT, especialmente aquellos basados en *Blockchain*. Bitcoin Lightning Network es una solución de segunda capa que crea un registro al margen de la cadena de bloques de Bitcoin. Su finalidad es grabar en esta infraestructura adicional las transferencias de Bitcoins para registrar únicamente en la cadena de bloques principal el saldo resultante¹⁰⁰.

Por último, debe precisarse que, en el ámbito de la DLT, es frecuente atribuir a algunos términos un significado completamente distinto al que está extendido en los estudios de corte jurídico. Este es el caso de la transparencia. Así, desde una perspectiva jurídica, en este caso desde el prisma concreto de la normativa de prevención de blanqueo de capitales y prevención del terrorismo, se entiende que la transparencia implica el conocimiento de las identidades de las partes involucradas en una transacción; en el ámbito de la DLT la transparencia únicamente conlleva la verificabilidad de la existencia y corrección de las transacciones, sin necesidad de revelar información sobre las partes¹⁰¹. Así, técnicamente, es posible mantener que la DLT permite realizar transacciones anónimas y transparentes, circunstancia que podría parecer un oxímoron desde un punto de vista exclusivamente jurídico.

b. Glosario

Se presenta un glosario con los términos técnicos más frecuentes y relevantes en el ámbito de las DLTs. Se ha creído conveniente introducirlo en el cuerpo de la investigación, en lugar de en un anexo, porque el tratamiento de estos conceptos en esta sede facilita posteriormente la explicación del funcionamiento de los registros DLT. Los términos se encuentran ordenados alfabéticamente.

- Bifurcaciones (*forks*). Estas divisiones de la cadena de bloques pueden suceder por diversos motivos. En primer lugar, la bifurcación puede producirse porque dos mineros¹⁰² incorporan al unísono a la red un bloque al haber hallado el nonce¹⁰³ prácticamente a la

⁹⁹ Bitcoin funciona con un sistema de *scripts*, un modo de programar mucho más seguro y con menos funcionalidades que un lenguaje de programación Turing completo, esto es, que puede replicar la máquina de Turing universal como sistema con capacidad para procesar o almacenar información infinita. Los *smart contracts* o contratos inteligentes deben desarrollarse con la segunda clase de lenguaje. Vid. TUR FAÚNDEZ, cit., p. 41.

¹⁰⁰ La Bitcoin Lightning Network habilitaría un “canal” entre los contratantes que van a realizar transacciones. El establecimiento de este canal, a través de una transacción fundacional que sí se inscribirá en la cadena de bloques, implica la fijación de un estado inicial que será sucesivamente modificado conforme las partes remitan transacciones y que desemboca en un estado final representativo del saldo que arrojan las transacciones entre las partes; este último estado constituirá el saldo que se inscribirá en la cadena de bloques de Bitcoin. Se ha de destacar que la Bitcoin Lightning Network también dispone de mecanismos de seguridad que protegen la integridad del saldo que se forma en estos canales. Entre ellos, cabe destacar la utilización de bloqueos temporales o *timelocks*, que asignan preferencia a las últimas transacciones que se han producido; la utilización de llaves con las que bloquear las transacciones más antiguas que no reflejan el estado actual del saldo, o la utilización de nodos intermediarios para el caso de que las partes de la transacción no hayan establecido un canal entre sí.

Vid. ANTONOPOULOS, A.M., *Mastering bitcoin programming the Open Blockchain*, O'Reilly Media, Inc, Sebastopol, 2017, (sin paginación en la versión disponible) capítulo 12.

¹⁰¹ QUINIOU, cit., p. 20.

¹⁰² El término aparece posteriormente explicado en el glosario.

¹⁰³ El extranjerismo se explica en sede de definición del protocolo de consenso.

vez. Entonces, la cadena de bloques se bifurca en dos ramas distintas, de tal manera que el último bloque común es aquel inmediato anterior a los bloques que publican los mineros en conflicto. La bifurcación se resuelve, si efectivamente llega a resolverse y no a consolidarse¹⁰⁴, mediante la adhesión de los nodos a la rama que reúne un consenso superior¹⁰⁵.

Por otro lado, se producen bifurcaciones como consecuencia de las actualizaciones del código fuente del registro distribuido. En esta situación, en una de las ramas que se constituyen se añaden los bloques elaborados de conformidad con las reglas previas a la actualización, mientras que en la cadena alternativa se incorporarán los bloques conformados de acuerdo con las nuevas reglas. Existen, no obstante, diferencias entre los llamados *soft* y *hard fork* que se producen a raíz de las actualizaciones. En el *soft fork*, los nodos que no se han actualizado pueden procesar los bloques que se producen conforme a las nuevas reglas, mientras que en el *hard fork* los nodos desactualizados no pueden editar el historial de transacciones que implementa la modificación. Por lo tanto, el *soft fork* no da lugar necesariamente a la escisión de la cadena de bloques, mientras que como consecuencia del *hard fork* obligatoriamente surge una nueva ramificación que coexiste junto a la cadena de bloques original¹⁰⁶.

Por último, se ha de apuntar que la bifurcación también puede producirse como consecuencia de un ataque a la integridad de la red perpetrado por mineros o validadores maliciosos que pretenden crear una versión manipulada del historial de transacciones con diversos propósitos. El ataque sería fructífero si los atacantes consiguen que la mayoría de los nodos honestos se adhieran a la cadena de bloques que representa un historial de transacciones manipulado.

- Bloque. Es un conjunto de transacciones agrupadas. En realidad, a cada transacción le corresponde un identificador o resumen denominado en argot *hash*, que es el resultado de aplicar una serie de funciones algorítmicas a cada transacción. Cada bloque cuenta con un *hash* raíz, denominado raíz de *Merkle* en el caso de Bitcoin, que aglutina los *hashes* de las transacciones que contiene el bloque y permite identificar rápidamente si una transacción pertenece a ese bloque¹⁰⁷. El encadenamiento de los bloques —circunstancia de la que deriva el nombre de cadena de bloques— se produce en virtud de que el encabezamiento de cada nuevo bloque incorporado al historial de transacciones incluye el identificador o *hash* del anterior bloque¹⁰⁸, además del propio *hash* raíz y del *nonce*, elemento que se explicará con ocasión del protocolo de consenso¹⁰⁹. Así, la arquitectura del registro DLT crea una serie de metadatos para facilitar la localización de la información que este contiene. La alteración de cualquier *hash* implica la modificación de los sucesivos *hashes*. De esta manera, la manipulación de los bloques anteriores puede detectarse fácilmente. Por este motivo se afirma la integridad del sistema¹¹⁰.

¹⁰⁴ La escisión de Bitcoin Cash de Bitcoin es una bifurcación que ha dado lugar a una nueva criptomoneda que debe distinguirse de Bitcoin.

¹⁰⁵ DHILLION, METCALF, HOOPER, cit., pp. 23-24.

¹⁰⁶ Este es el caso de Ethereum respecto de Ethereum Classic. DHILLION, METCALF, HOOPER., cit., p. 24.

¹⁰⁷ DHILLION, METCALF, HOOPER, cit., p. 22.

¹⁰⁸ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., pp. 21-22.

¹⁰⁹ DHILLION, METCALF, HOOPER, cit., p. 17.

Debido a que dentro de cada bloque hay un conjunto de *hashes* que identifican las transacciones que los mineros han incorporado a dicha agrupación de transacciones, se dice que un registro DLT es una base de datos compartida de forma descentralizada y distribuida que aglutina cadenas de *hashes* internas en cadenas de *hashes* externas. Vid. MAZONKA, O., “Blockchain: simple explanation”, 2016, p. 2., disponible en https://www.researchgate.net/publication/311572122_What_is_Blockchain_a_Gentle_Introduction (última consulta el 05.10.2021).

¹¹⁰ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., p. 22.

- Consenso. Conviene distinguir entre dos acepciones posibles de consenso en el contexto de las DLTs. En la primera significa aquiescencia de la red de nodos, en virtud de la regla de la mayoría, a la incorporación al historial de transacciones de los bloques o transacciones que ha formado un minero o validador. Esto se produce después de que el minero o validador publique al conjunto de la red el bloque que ha elaborado y los nodos que llevan el registro procedan a verificar que dicho bloque cumple con los requisitos exigidos por el sistema¹¹¹. Asimismo, el consenso también puede referirse a la decisión de la mayoría de los nodos acerca de qué cadena de bloques es la correcta en el supuesto de una bifurcación, aunque si la mayoría es deshonesta podría elegirse una solución maliciosa. En este sentido, prácticamente en la totalidad de los registros DLT, se aplica la regla de que los nodos, en caso de bifurcación, se adherirán a la cadena más larga por ser esta la que goza de un reconocimiento superior¹¹².
- Criptografía asimétrica. Es un tipo de criptografía donde el mensaje que se quiere proteger —porque se envía a través de una red pública como Internet— se encripta con una clave y se descifra con otra para obtener mayor seguridad. El cifrado asimétrico también puede utilizarse para demostrar la autoría o integridad de una información. Hay dos clases de llaves o claves: la pública y la privada. La diferencia obedece a la función que se le asigna a cada llave en el sistema: la pública la conocen todos los usuarios de la red y la privada solo el propietario de la información¹¹³. Si se cifra el mensaje que se va a transmitir a través de un canal público con la clave pública y se descifra con la privada, se consigue que solamente el tenedor de la llave privada pueda acceder a la información. Si, en cambio, se cifra con la llave privada y cualquiera puede descifrar con la llave pública, se garantiza la autoría del mensaje¹¹⁴. En la red Bitcoin, el emisor de una transacción cifrará el mensaje con la clave pública del destinatario para que solo este o esta pueda descifrar su contenido y así disponer de las unidades monetarias transmitidas. Por su parte, el resto de los nodos receptores que actúan como validadores podrán comprobar o verificar que las claves públicas utilizadas se corresponden con las privadas gracias a una relación matemática existente entre ambas, aunque efectuar esta comprobación no les permite llegar a descubrir la llave privada.
- Introducción de transacciones. Se trata del proceso mediante el que el usuario carga en un nodo una transacción y esta se transmite y distribuye a toda la red¹¹⁵. Los nodos receptores del mensaje o transacción las remiten a terceros nodos y estos, sucesivamente, repiten el proceso en virtud del protocolo de comunicaciones *peer-to-peer*.
- Mineros. En los registros DLT que utilizan como protocolo de consenso la prueba de trabajo o *proof of work*, caso de Bitcoin, son los nodos que realizan los cálculos necesarios para participar en una competición que tiene por objeto seleccionar al participante que va a añadir al historial de transacciones un bloque que contenga las transacciones que se han propagado recientemente por la red DLT. El motivo para participar en dicha competición se encuentra en la obtención de un incentivo económico con la adición de bloques. Este incentivo consiste, una vez más si se considera el supuesto de Bitcoin, en que el minero que haya resuelto en primer lugar el problema puede añadir al bloque una transacción a su favor que genera nuevas unidades monetarias. No obstante, la cuantía de esta recompensa decrece con cada *halving*¹¹⁶ —reducción de la cuantía monetaria— que tiene

¹¹¹ GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 94.

¹¹² PREUKSCHAT, A. “Consenso”, 2017, disponible en <https://libroblockchain.com/consenso/> (última consulta el 31.08.2020).

¹¹³ DRESHER, cit. p. 98.

¹¹⁴ DRESHER, cit. p. 99.

¹¹⁵ KAKAVAND, KOST DE SEVRES y CHILTON, cit., p. 7.

¹¹⁶ Se trata de una función prevista en el código de Bitcoin que reduce a la mitad la cantidad de Bitcoins que el minero obtiene con el minado o publicación de un nuevo bloque. El mecanismo se activa cada 210.000 bloques, hasta que el límite máximo de Bitcoin en circulación de 21 millones se alcance.

lugar en Bitcoin. A su vez, hay que tener en cuenta que la dificultad para solucionar los problemas aumenta conforme la red gana en capacidad computacional, circunstancia que se produce cuando se incorporan más mineros a la red o se mejoran los equipos de minado utilizados. El inexorable fin de las recompensas obliga a los mineros a acudir a otras fuentes de ingresos, particularmente el cobro de comisiones. Cabe destacar que estos nodos se conocen como mineros precisamente debido a que la creación de nuevas unidades monetarias de Bitcoin tiene lugar como consecuencia de esta competición criptográfica¹¹⁷.

Asimismo, debe destacarse que, si se utiliza un protocolo de consenso distinto de la prueba de trabajo, como la prueba de participación o *proof of stake*, los nodos que participan en la elaboración del historial de transacciones pueden recibir otra denominación. Este sería el caso del validador, figura que reemplaza al minero si se utiliza la prueba de participación.

- Monedero. El monedero o *wallet* es un *software* que, por un lado, permite a los usuarios de una red DLT remitir transacciones o mensajes al registro y, de otro, habilita la generación y gestión de las claves privadas y públicas, así como de las direcciones que identifican las cuentas de los usuarios en la red. La clave privada consiste en una sucesión alfanumérica que permanece oculta y que se calcula a partir de una serie de valores aleatoriamente seleccionados. La dirección procede de la clave pública y esta a su vez de la clave privada. El monedero puede crear un número indefinido de claves privadas y, por tanto, una cifra ilimitada de direcciones en la red DLT. Asimismo, el monedero es capaz de calcular el saldo de todas las cuentas integradas en este e incluir en una única transacción fondos pertenecientes a diversas cuentas¹¹⁸.

Dado que el monedero es el *software* que gestiona las claves privadas, los actores maliciosos atacan este programa. La pérdida de las claves privadas implica la imposibilidad de disponer de los activos virtuales y criptomonedas y significa, por tanto, la pérdida definitiva de estos valores en favor de los atacantes. El monedero que resulta accesible desde internet y que, por tanto, es más vulnerable a los ataques de terceros se denomina *hot wallet* o monedero caliente, mientras que el monedero que se custodia fuera de la red se conoce como *cold wallet* o monedero frío¹¹⁹.

- Nodos. Son los ordenadores o servidores que integran la red que conforma el registro distribuido y que comunican, reciben, procesan y almacenan las transacciones. Cada nodo guarda una copia de la totalidad de los datos registrados y la actualización de dicho registro se coordina o consensúa por parte de toda la red. Los nodos se conectan entre sí a través de un protocolo *peer-to-peer*¹²⁰.
- Protocolo de consenso. Son las reglas establecidas por la programación del registro DLT mediante las cuales se determina cómo los mineros, validadores o cualquier otra denominación que reciban los nodos que editan el registro distribuido deben incorporar las transacciones al historial¹²¹. Estas reglas buscan coordinar la actuación de los nodos

¹¹⁷ Concretamente, estos nodos se asimilan a los clásicos mineros porque los ordenadores “extraen” las unidades monetarias de Bitcoin mediante la resolución de problemas criptográficos. Vid. GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 92.

¹¹⁸ CAETANO, R., *Learning Bitcoin. Embrace the new world of finance by leveraging the power of cryptocurrencies using Bitcoin and the Blockchain*, Packt Publishing, Birmingham, 2015, capítulo 1 (sin paginación en la versión en línea disponible).

¹¹⁹ CAETANO, cit., capítulo 1.

¹²⁰ KAKAVAND, H., KOST DE SEVRES, N., y CHILTON, B., “The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies”, 2017, p. 7, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2849251 (última consulta el 29.07.2019).

¹²¹ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., p. 17.

mediante un sistema de incentivos económicos (*criptoeconomía*) que asegure la seguridad de la red¹²². Así, un minero que haya invertido mucho capital para controlar Bitcoin no tiene interés en destruir este sistema, sino incentivos para velar por su correcto funcionamiento para mantener el valor de su inversión. En definitiva, Bitcoin y otras redes DLT han previsto como protocolo de consenso la prueba de trabajo para anticiparse a la posibilidad de que un grupúsculo de mineros intente destruir el registro DLT mediante ataques con suficiente impacto para deshacer la confianza en el sistema.

Entre las reglas de consenso más utilizadas por las redes DLT, particularmente las públicas, destaca la prueba de trabajo, o *proof of work*, y la prueba de participación, o *proof of stake*. En la prueba de trabajo el minero debe resolver un problema matemático consistente en hallar un *hash* de una configuración determinada; para hallar ese *hash* el minero debe aportar una cifra denominada en el argot *nonce*¹²³. El primero en hallar el *hash* con el *nonce* válido remitirá a la red el bloque que haya compuesto para su validación y adición al historial de transacciones si la verificación es positiva. La diferencia de la prueba de trabajo frente a la prueba de participación consiste en que, en este segundo protocolo de consenso, la inclusión de los bloques no se realiza por parte de mineros que deben resolver una incógnita matemática, sino por obra de unos nodos llamados validadores que optan a ser seleccionados para decidir la inclusión de nuevos bloques en el historial de transacciones. La elección del validador es probabilística, puesto que a mayor “participación”, esto es, una cantidad monetaria que los validadores depositan para poder anotar nuevos bloques y que perderán en caso de que la red les sancione por intentar manipular el historial de transacciones, los validadores tendrán más posibilidades de que el sistema los elija para anotar los bloques en ese turno¹²⁴.

En cualquier caso, cabe destacar que el conjunto de reglas que forman este protocolo de consenso, con independencia de las consecuencias jurídicas que la formación de esta red tenga para sus integrantes a efectos de responsabilidad por los hechos y actos que ocurran en este entorno, tiene una naturaleza estrictamente técnica, esto es, el protocolo se limita a coordinar a los nodos en su función de verificar y añadir transacciones al historial. No obstante, la disposición de un protocolo de consenso no garantiza la seguridad si la red DLT no dispone de mecanismos de coordinación adicionales que permitan a los nodos tratar las dificultades no previstas por las reglas del protocolo de consenso¹²⁵. En otras palabras, la existencia de un protocolo de consenso es un elemento imprescindible para la constitución de una red DLT, pero su adopción no implica la disposición de un sistema de gobernanza que permita gestionar la red en caso de que se manifieste alguna vulnerabilidad.

Por último, debe distinguirse al protocolo de consenso del consentimiento que las partes manifiestan para la válida formación de los *smart legal contracts*¹²⁶.

- Red DLT. Es el conjunto de equipos informáticos conectados y el *software* que constituye el registro distribuido. Cada ordenador o nodo de la red tiene instalado un determinado *software* que permite su integración en la red que gestiona el registro distribuido¹²⁷.

¹²² GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 87.

¹²³ GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 86.

¹²⁴ DHILLION, METCALF, HOOPER, cit., p. 14.

¹²⁵ Este problema se manifiesta con especial intensidad en los registros distribuidos que no utilizan la prueba de trabajo como protocolo de consenso, ya que en estos sistemas la elaboración de cadenas de bloques alternativas y maliciosas no tiene un coste prohibitivo.

¹²⁶ VILALTA NICUESA, A.E., *La contratación inteligente a través de la tecnología blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid, 2019, p. 34.

¹²⁷ KAKAVAND, KOST DE SEVRES y CHILTON, cit., p. 7.

- Redes públicas, privadas, consorciadas, híbridas, permissionadas y no permissionadas. La diferencia entre una red pública y una privada se establece en función del hecho de que cualquier sujeto pueda libremente formar parte de la red mediante la descarga del programa cliente. En este sentido, las redes públicas se caracterizarían por que cualquiera puede constituir un nodo que verifique el historial de transacciones. En cambio, en las redes privadas el acceso está restringido, por lo que solo podrán formar parte nodos autorizados. Bitcoin y Ethereum constituyen ejemplos de redes públicas. Según SCHREPEL¹²⁸, las redes privadas pueden clasificarse en redes controladas por una entidad, donde existe un nodo que concederá permisos de contenido variable al resto de participantes, y redes consorciadas, supuesto en el que los nodos se sitúan en un plano de igualdad.

DELGADO DE MOLINA RIUS destaca la mayor utilidad de las redes públicas para supuestos en los que se pretende constituir una estructura de uso colaborativo que sirva de soporte para reducir las fricciones transaccionales, o para minimizar la amenaza de manipulación de datos por parte de determinadas entidades —aplicación que cobra una especial relevancia para las votaciones—¹²⁹, mientras que el sector empresarial estaría más interesado en las redes privadas, dado que estas les permiten mejorar determinados procesos y cumplir con las exigencias regulatorias que los Estados les imponen.

Se ha de tratar el caso de la “red permissionada pública”. En una red permissionada pública el acceso a la red es libre, aunque está condicionado a que los actores interesados se identifiquen antes de formar parte de la red¹³⁰. En esta red la verificación de las operaciones en el historial de transacciones es pública y el incentivo de los nodos para comportarse honestamente reside en que, al conocerse sus identidades reales, la responsabilidad recaerá en los atacantes en caso de ser descubiertos¹³¹. Por lo tanto, una red permissionada no es exactamente un tipo de red privada, sino un entorno que exige la previa identificación del usuario como condición de acceso a la red.

Por último, cabe que se plantee el supuesto de una “red híbrida”. Estas redes se caracterizan por presentar elementos predicables de las redes públicas y privadas. Existen dos modelos de redes híbridas. En el primero, la necesidad de obtener un permiso quedaría limitada a los nodos con intención de convertirse en auditores o verificadores de la red, mientras que el acceso como usuario a la aplicación sería libre¹³². Un ejemplo de esta modalidad vendría dado por la propuesta de FedCoin, una hipotética criptomoneda —que en realidad es dinero digital de banco central o CBDC por sus siglas en inglés— emitida por la Reserva Federal estadounidense¹³³. En el segundo, se combina la acción de una red pública con un conglomerado de redes privadas. La red pública aportaría confianza, mientras que las privadas proporcionarían privacidad y una mejora de la

¹²⁸ SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., pp. 290-291.

¹²⁹ DELGADO DE MOLINA RIUS, cit., p. 45.

¹³⁰ RUIZ MARTÍNEZ, J., “Public-Permissioned blockchains as Common-Pool Resources”, 2020, p. 3, disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02477405/document> (última consulta el 10.09.2020).

¹³¹ LLOPIS VAÑÓ, F., “Nuevos modelos de negocio en Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, empresariales y legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 255.

¹³² WADEN-BERGUE, J.L., FERNÁNDEZ DAZA, E., “La contabilidad de triple entrada y las implicaciones de Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y CARMEN PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 278.

¹³³ Así, la condición de nodo verificador quedaría reservada a los bancos comerciales y el uso por parte del público de la moneda digital sería abierto. Vid GUPTA, S., LAUPPE, P., RAVISHANKAR, S., “Fedcoin. A Blockchain-Backed Central Bank Cryptocurrency”, 2017, pp. 7-8, disponible en https://law.yale.edu/sites/default/files/area/center/global/document/411_final_paper_-_fedcoin.pdf (última consulta el 25.06.2020).

escalabilidad y eficiencia de la red. *Flowchain* sería un ejemplo de red que implementa esta arquitectura híbrida¹³⁴.

- *Smart contracts*. “son secuencias de código y datos que se almacenan en una determinada dirección de la cadena de bloques”¹³⁵. El código hace referencia a un *software* que ejecuta de forma automatizada una serie de consecuencias predispuestas con ocasión del acaecimiento de determinadas circunstancias que activan las funciones de este programa informático. Asimismo, una acepción más restringida de *smart contract* comprendería únicamente a aquellas secuencias de código que constituyan contratos en sentido jurídico. En este caso, para evitar equívocos con los términos, algunos autores identifican a estos *smart contracts* con implicaciones jurídicas bajo la más completa denominación de *smart legal contract*. La principal ventaja de utilizar estos instrumentos para contratar consiste en que la ejecución automatizada que se consigue reduce drásticamente los costes de transacción ligados a la posibilidad de que se incumpla el clausulado. En principio, la automatización desincentiva cualquier intento de incumplimiento, ya que el coste de intentar alterar el contrato sería muy superior al beneficio que se obtendría con su manipulación¹³⁶.
- Transacción. Es la operación, código o *smart contract* que se incorpora, o pretende incorporarse, a un bloque de la cadena de bloques o historial de transacciones en sentido amplio. En definitiva, se trata de cualquier tipo de información estructurada que se incorpora a un registro DLT¹³⁷.
- Validación o verificación de transacciones. Es el procedimiento por el que los nodos receptores procesan y validan criptográficamente cada transacción, aunque no resulta necesario que la totalidad de los nodos ejecuten esta función¹³⁸. Las transacciones que no superen el filtro que supone la validación por los nodos receptores no podrán optar a incorporarse al historial de transacciones del registro distribuido¹³⁹.

B. Nociones básicas sobre su funcionamiento

Las DLTs constituyen una solución tecnológica por la que se pretende implementar un registro distribuido íntegro y fiable que permita registrar transferencias de valor y disponer de otras funcionalidades sin necesidad de recurrir a intermediarios tradicionales¹⁴⁰.

El *software* particular por el que se implementa este registro, la solución técnica, en definitiva, así como las utilidades que esta base de datos va a aportar a sus usuarios, varía de una red DLT a otra. No obstante, resulta necesario conocer los rasgos generales del funcionamiento de estas tecnologías. Con esta finalidad, se explican someramente las bases de las redes DLT más representativas.

¹³⁴ CHEN, J., “Flowchain. A distributed ledger for peer-to-peer IoT networks and real-time data transactions”, 2019, pp. 13-15, disponible en <https://flowchain.co/Flowchain-Whitepaper-3.0-en.pdf> (última consulta el 02.07.2020).

¹³⁵ TUR FAÚNDEZ, cit., p. 51.

¹³⁶ SZABO, N., “Formalizing and Securing Relationships on Public Networks”, *Peer-Reviewed Journal of Internet*, Vol. 2, N 9, (1997), p. 2.

¹³⁷ DHILLION, V., METCALF, D., HOOPER M. *Blockchain Enabled Applications, Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You*, Apress Media LLC, Nueva York, 2017, p. 16.

¹³⁸ GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 82.

¹³⁹ KAKAVAND, KOST DE SEVRES y CHILTON, cit., p. 7.

¹⁴⁰ DRESHER, cit., pp. 9-17.

a. Bitcoin.

i. Principales elementos

El problema fundamental del comercio *online* es que no es posible asegurar la irrevocabilidad e integridad de los pagos sin el recurso a un tercero de confianza. Bitcoin elimina la necesidad de intermediación en la medida en que aporta una solución que permite asegurar la autenticidad de los pagos y la evitación del problema del doble gasto¹⁴¹.

El *White Paper* hace referencia a los elementos principales que integran la DLT¹⁴², a saber: transacciones mediante criptografía de clave asimétrica, sellado temporal de los bloques, protocolo de consenso (la prueba de trabajo o *proof of work* en el caso de Bitcoin), la arquitectura distribuida de la red, etc. NAKAMOTO afirma que una unidad monetaria de la criptomoneda Bitcoin constituye un conjunto de firmas digitales¹⁴³. Esto significa que cada transacción por la que se transfieren unidades monetarias requiere una firma del transferente, de ahí que cada Bitcoin refleje el conjunto de firmas digitales que se han aplicado sobre esta unidad monetaria. Las transacciones tienen lugar con un funcionamiento equivalente al del dinero efectivo: para entregar unidades monetarias se dispone de las unidades que previamente nos habían entregado¹⁴⁴.

De esta forma, para efectuar una transacción se debe disponer de una transacción anterior realizada a favor del actual disponente. Cada usuario de Bitcoin, que previamente habrá adquirido esta unidad de valor, debe disponer de un saldo positivo (denominado UTXO) de Bitcoins para gastar. El UTXO puede estar formado por uno o varios *outputs*, procedentes de transacciones anteriores que nutrieron el saldo del actual disponente. Cuando el disponente efectúa una transacción en favor de otro usuario de la red, crea un *output* en favor del destinatario. Este *output* viene formado por el valor que se transmite y un puzle criptográfico que solo puede resolver el destinatario de los fondos¹⁴⁵. Si la transacción es correcta, esta se propagará por la red y pasará a formar parte de una memoria de transacciones no confirmadas a disposición de cada nodo, hasta que la transacción se confirme con su inclusión en un bloque adherido a la cadena de bloques. Cada transacción está formada por un *input* y por un *output*. El *input* constituye una referencia a una transacción anterior, porque el *input* libera un *output* precedente¹⁴⁶. Así, el *input* utiliza como referencia el *hash* o resumen del *output* de una transacción anterior para que la nueva transacción enlace directamente con la precedente¹⁴⁷.

¹⁴¹ NAKAMOTO, cit., p. 1.

¹⁴² GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 99.

¹⁴³ NAKAMOTO, cit., p. 1.

¹⁴⁴ ANGUIANO JIMÉNEZ, J.M., “Blockchain: Fundamentos y perspectiva jurídica. De la confianza al consenso”, *Diario La Ley*, N 18, (2018), p. 9.

¹⁴⁵ Para que el beneficiario de la transacción disponga de las unidades monetarias que se le han transmitido deberá resolver el *locking script* (puzle criptográfico generado en el *output*) con un *unlocking script* que satisfaga las condiciones del puzle criptográfico del *output*. El *unlocking script* consiste, básicamente, en que el destinatario identificado a partir de su dirección pública dispone de una clave privada que le permite desbloquear las unidades de Bitcoin que se han cifrado con su clave pública. ANGUIANO JIMÉNEZ, cit., p. 9.

¹⁴⁶ Como el *output* de una transacción es una unidad indivisible, es necesario seleccionar en el *input* un *output* completo. En el caso en que se desee disponer de una cantidad inferior a la que integra el montante recibido por la anterior transacción, se instrumenta un “*output múltiple*”, en virtud del cual la cantidad que no se transfiere al beneficiario se devuelve al iniciador del pago con una transacción por el importe del cambio. Vid. ANTONOPOULOS, “Mastering bitcoin...” cit., capítulo 6 y ANGUIANO JIMÉNEZ, cit., p. 10.

¹⁴⁷ La excepción a esta operativa y que, precisamente por este motivo, dota de coherencia al sistema es la transacción que el minero consigue hacer a su favor cada vez que “mina” —halla una solución al problema criptográfico que el sistema requiere para incorporar su bloque al historial de transacciones encadenado— un bloque, denominada *coinbase transaction*. En este caso, el *input* del minero no enlaza con el *output* de una transacción anterior, puesto que el proceso comienza a partir del *output* que el minero realiza en su favor. Sobre la necesidad de que el *input* preceda al *output* la doctrina ha ironizado con la broma de ¿Qué fue antes?, ¿el huevo o la gallina? Vid. ANTONOPOULOS, “Mastering bitcoin...” cit., capítulo 6.

Una vez asegurada la autenticidad de la transacción gracias al hecho de que solo el destinatario puede desbloquear una unidad monetaria registrada en la red a favor de su dirección, queda todavía por resolver la cuestión de que el transmitente previamente no haya dispuesto de esas unidades monetarias en favor de otro beneficiario. Esta inseguridad se conoce con el nombre del “problema del doble gasto”, problema que, como apunta el *White Paper* de Bitcoin, impide el desarrollo del comercio electrónico sin intermediarios¹⁴⁸. Esta dificultad se resuelve mediante el descarte de las transacciones que involucren unidades monetarias que ya han sido gastadas por el disponente. Se trata de una función de verificación que llevan a cabo los nodos sobre las transacciones como paso previo a la formación de los bloques. Consiste en un proceso donde el nodo confirma que la clave privada del *input* se corresponde con la clave pública que señala el *output* de la transacción precedente¹⁴⁹, que el o los *outputs* a los que hace referencia la nueva transacción no han sido ya gastados mediante la consulta a un caché de *outputs* de transacciones no gastadas (UTXO, por sus siglas en inglés)¹⁵⁰ y que la suma gastada computada en *inputs* es igual o superior a la cantidad de *outputs* que recoge la transacción¹⁵¹.

NAKAMOTO hace referencia a que las transacciones deben incorporarse a un “servidor de sellos temporales”¹⁵² que forma una cadena de sellos temporales digitales. Estos sellos temporales se encuentran en los *hashes raíces* de los bloques que se confeccionan por los mineros y que encabezan los bloques de la cadena¹⁵³. Con estos sellos temporales se consigue que todos los nodos sean capaces de consensuar el orden cronológico de todas las transacciones que les constan¹⁵⁴, de ahí que pueda formarse un registro de los *outputs* no gastados (UTXO)¹⁵⁵.

La integridad del historial de transacciones resulta del hecho de que, al contener el *hash* de cada bloque una referencia al *hash* del bloque anterior, este “encadenamiento” provoca que cualquier cambio en la transacción de un bloque altere tanto el *hash* de ese bloque como el del posterior y de los sucesivos bloques al crear un efecto dominó¹⁵⁶. El uso combinado de la función *hash*, la criptografía de clave asimétrica y la ordenación temporal de las transacciones contribuyen a dotar de seguridad a este sistema de pagos descentralizados.

Incluso con la disposición de todas estas garantías, debe advertirse que la posibilidad de que exista un doble gasto no se ha extinguido plenamente. El siguiente supuesto ilustra el problema: el comprador de un bien X, que es un minero de Bitcoin, acuerda pagar el precio en Bitcoins. Tras recibir el bien y realizar la transacción en favor del vendedor decide, o bien revertir el pago que ha realizado, o bien volver a disponer de las unidades monetarias que previamente ha gastado

¹⁴⁸ NAKAMOTO, cit., p. 2.

¹⁴⁹ FRANCO, P., *Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics*, John Wiley & Sons, Incorporated, Nueva Jersey, 2015, pp. 78-79.

¹⁵⁰ FRANCO, cit., p. 79.

¹⁵¹ Si hay más *inputs* que *outputs* la diferencia equivale a comisiones que el minero que incorpore la transacción al bloque que se añade al historial de transacciones cobrará.

¹⁵² NAKAMOTO, cit., p. 2.

¹⁵³ FRANCO, cit., p. 101. Recuérdese que la función de los *hashes raíces* es resumir en una longitud fija los *hashes* de las transacciones incluidas en el bloque.

¹⁵⁴ DRESHER, cit., p. 148.

¹⁵⁵ No obstante, MATTHIEU QUINIOU destaca el hecho de que el sistema de estampado temporal solo puede garantizar la prioridad temporal de los bloques introducidos en el historial de transacciones de forma relativa, dado que la verificación del sellado temporal que realizan los nodos está limitado al cumplimiento de unos valores y en el hecho de que los investigadores matemáticos hayan demostrado la posibilidad de que bloques posteriores tengan un estampado temporal que indica una fecha anterior respecto de la que señala el sellado temporal de un bloque precedente.

Por otro lado, debe resaltarse que el estampado temporal, además de cumplir con una función de seguridad imbricada en la programación de las redes DLT, tiene aplicaciones como método para asegurar la prioridad temporal de determinadas entradas frente a otras que rivalicen. Esta función es muy relevante para las llamadas pruebas de existencia (*proof of existence*). QUINIOU, cit., p. 13

¹⁵⁶ GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, cit., p. 85.

para adquirir el bien X. En ese caso, deberá invalidar una transacción confirmada en un bloque mediante la creación de una cadena alternativa a la realizada por parte de los usuarios honestos valiéndose de las reglas del protocolo de consenso. También cabe la posibilidad de que el minero malicioso intente, sin llegar a causar un *fork*, que la transacción que refleja el pago del bien X no llegue a confirmarse; el atacante intenta en este segundo caso, por tanto, impedir la inclusión de la transacción en el historial¹⁵⁷.

En el primer supuesto, el atacante deberá ser capaz de formar una cadena alternativa más larga que la auténtica por ganar en más ocasiones la “carrera” en que consiste el minado. En definitiva, el atacante que pretende producir un doble gasto crea una transacción a su favor con la intención de revertir otra que ha realizado con anterioridad. Para que sea eficaz esta estratagema, necesita hacer creer a los demás nodos que esta segunda transacción a su favor se ha producido con anterioridad a la primera. Por este motivo, no revela al resto de los nodos esta segunda transacción en el historial de transacciones honesto, puesto que sería rechazada al no existir un *output* no gastado que ampare esa transacción. Entonces, el atacante crea un *fork* con la introducción de su propia cadena de bloques —que contiene un historial de transacciones alternativo— donde la segunda transacción antecede a la primera. El ataque tendrá éxito si la cadena alternativa es más larga que la real¹⁵⁸. Esta situación se conoce como “el ataque del 51%”¹⁵⁹.

Como método de seguridad, el vendedor puede retrasar la entrega del bien hasta que la transacción por la que se le transfiere la cantidad de bitcoin acordada esté “confirmada” varias veces¹⁶⁰. La confirmación de la transacción en este contexto implica que los bloques siguientes del historial de transacciones incluyen una referencia al bloque que recoge la transmisión de Bitcoins por la que el vendedor cedió el bien¹⁶¹. Esto se debe a que la probabilidad de que el comprador defraudador consiga reemplazar el historial de las transacciones disminuye conforme más bloques se adhieren a la cadena que contiene la transacción por la que el adquirente del bien transmitió Bitcoins al vendedor. Sin embargo, resulta necesario matizar que este mecanismo de defensa es efectivo en la medida en que se respete la asunción de NAKAMOTO de que el poder de computación de los nodos honestos es superior al de los deshonestos, dado que, en otro caso, no disminuye la posibilidad de que los nodos maliciosos se apoderen de la red y sustituyan el historial de transacciones real¹⁶².

ii. Protocolo de consenso

El protocolo de consenso de Bitcoin, la prueba de trabajo, impone un objetivo que requiere realizar un gasto computacional. La finalidad es seleccionar al minero que va a añadir su bloque al historial de transacciones¹⁶³. La dificultad del objetivo o *target* se ajusta en función de la

¹⁵⁷ ANTONOPOULOS, “Mastering bitcoin...”, cit., capítulo 10.

¹⁵⁸ BUTERIN, cit., p. 8.

¹⁵⁹ El ataque del 51 % no permite a un usuario disponer de los fondos de otro; ya que esta circunstancia solo podría darse en el escenario de que se produjese un apoderamiento de las claves privadas de terceros. Vid. DELGADO DE MOLINA RIUS, cit., p. 57.

¹⁶⁰ CHIU, J, KOEPL, V.K, “Incentive Compatibility on the Blockchain”, *Bank of Canada Staff Working Paper*, N 2018-34, (2018), p. 3.

¹⁶¹ Así lo confirma la casa de monedas BITSO, “¿Qué son las confirmaciones de Bitcoin?”, disponible en <https://help.bitso.com/es-LA/support/solutions/articles/11000001041--qu%C3%A9-son-las-confirmaciones-de-bitcoin-> (última consulta el 05.10.2021).

¹⁶² NAKAMOTO, cit., p. 7.

¹⁶³ La prueba conlleva una competición donde el objetivo es resolver un problema matemático, hallar un *hash* que cumpla con determinados requisitos. Los mineros deben realizar cálculos computacionales que consumen electricidad. El hallazgo de la solución es aleatorio, ya que el método de resolución consiste en el ensayo y error. Ahora bien, cuanto más capacidad de computación tenga el equipo del minero, mayores serán sus posibilidades de “minar” el bloque. Los mineros descubrirán el *hash* con las características requeridas mediante la modificación de un número conocido como *nonce*. La tarea consiste en probar varios *nonces* hasta que el *hash* del bloque reúna las condiciones del objetivo.

potencia de cálculo de los equipos de la red. Concretamente, el *target* se revisa cada 2016 bloques con la finalidad de que la formación de los bloques tenga lugar en 10 minutos¹⁶⁴. El minero que ha encontrado el resultado que satisface las condiciones del objetivo transmite su bloque a la red para que se añada con carácter “definitivo” a la cadena. Al contrario que el hallazgo del resultado, la comprobación de que esté correcto constituye un cálculo sencillo¹⁶⁵.

Se critica a este protocolo de consenso con motivo del innecesario gasto energético que conlleva¹⁶⁶. No obstante, se ha de apuntar que la exigencia de estos complejos cálculos computacionales se debe al propósito de eliminar los incentivos económicos que tienen los atacantes internos o externos para tergiversar el historial de transacciones. Así, los actores maliciosos deberán realizar una inversión económica muy significativa para intentar realizar un ataque del 51%, inversión que resultará además en la pérdida completa del capital si se destruye el valor de Bitcoin como consecuencia de la detección de un ataque exitoso. En este sentido, NAKAMOTO confía en que exista un número suficiente de participantes para que los atacantes se vean obligados a realizar un desembolso económico muy alto¹⁶⁷.

Se ha de apuntar que este sistema de incentivos se diseña para frenar a los atacantes que buscan enriquecerse a costa de la comunidad monetaria de Bitcoin, de ahí que el *White Paper* se refiera a estos con el apelativo *greedy*, es decir, avaricioso. Sin embargo, este sistema obvia el supuesto hipotético de que una autoridad monetaria con un inmenso poder económico actúe como atacante simplemente para destruir el sistema monetario Bitcoin mediante el llamado ataque del 51%¹⁶⁸.

Uno de los problemas a los que puede dar lugar este protocolo de consenso consiste en el acaecimiento de una bifurcación no intencionada como consecuencia de la arquitectura distribuida de la red. La dispersión geográfica de los nodos puede conllevar que estos reciban bloques de diferentes mineros en distinto orden temporal. La bifurcación surge debido a la existencia en paralelo de dos historiales de transacciones alternativos. Por este motivo, los nodos “guardan” las cadenas de bloques alternativas de las que tienen constancia para el caso de que no prevalezca el historial formado por el bloque que recibieron en primer lugar¹⁶⁹.

Para evitar estas posibles vulnerabilidades, cabe recurrir al mecanismo de esperar a que la transacción en cuestión reúna suficientes confirmaciones. En definitiva, la inmutabilidad de los registros DLT¹⁷⁰ es relativa¹⁷¹, en la medida en que tan solo es posible garantizar que sea muy difícil modificar el historial de transacciones¹⁷².

¹⁶⁴ CAETANO, cit.

¹⁶⁵ El minero debe encontrar un *input* que se corresponde con un *output* de una dificultad o *target* ajustable; los nodos que validan el resultado únicamente deben contrastar que con dicho *input* se obtiene el buscado *output*. Vid. DELGADO DE MOLINA RIUS, cit., p. 53

¹⁶⁶ DANS, E. “Cuestionando la cadena de bloques”, 2019, disponible en <https://www.enriquedans.com/2019/02/cuestionando-la-cadena-de-bloques.html>. (última consulta el 27.11.2020).

¹⁶⁷ ANGUIANO JIMÉNEZ, cit., p. 14.

¹⁶⁸ WALCH, A., “The bitcoin blockchain as financial market infrastructure: a consideration of operational risk”, *NYU Journal Legislation and Public Policy*, Vol. 18, N 837, (2015), p. 863.

¹⁶⁹ NAKAMOTO, cit., p. 3.

¹⁷⁰ Se entiende por inmutabilidad de los registros DLT la imposibilidad de alterar las transacciones anotadas y su orden cronológico.

¹⁷¹ TASCA, P., TESSONE, C.J., “A Taxonomy of Blockchain Technologies: Principles of Identification and Classification”, *Ledger Journal*, Vol. 4, (2019), p. 6.

¹⁷² En particular, cabe decir que el consenso de Bitcoin es “no determinista” en la medida en que el protocolo no garantiza una incorporación definitiva del bloque, esto es, la prueba de trabajo de Bitcoin tan solo asegura que disminuya la probabilidad de manipulación conforme se agregan nuevos bloques, siempre que esté garantizado que el 51 % de la fuerza computacional procede de mineros honestos. Otros protocolos de consenso, en cambio, son deterministas en el sentido de que la adición de un bloque es completamente

No obstante, a pesar de su interés para la seguridad de las transacciones, la inmutabilidad, aunque relativa, también presenta inconvenientes¹⁷³. Esta realidad ha llevado a algunos investigadores a plantear la necesidad de lanzar líneas de investigación con el objetivo de hallar algoritmos que permitan reescribir la cadena de bloques sin la necesidad de realizar una bifurcación o *fork*¹⁷⁴. En definitiva, se ha planteado la necesidad de poder alterar el contenido del historial de transacciones sin perturbar gravemente el funcionamiento de la red DLT¹⁷⁵.

En cualquier caso, resulta necesario aclarar que Bitcoin, como cualquier sistema informático, requiere la dedicación de un grupo especializado para solucionar posibles vulnerabilidades e implantar las mejoras que resulten oportunas para mantener el atractivo del proyecto frente a sus competidores. El equipo de la *Bitcoin Foundation*, dirigido por GAVIN ANDRESEN, ha desarrollado esta labor¹⁷⁶. No obstante, se ha de destacar que esta organización no puede actuar como una *autoridad central* que pueda coordinar a la red ante el acontecimiento de cualquier situación no prevista en el protocolo de consenso. En este sentido, se ha de apuntar que cualquier actualización del protocolo de consenso requerirá del acuerdo unánime de la comunidad del registro DLT, ya que en otro caso podrá acaecer un *fork* o escisión del registro DLT. Un desacuerdo con fatales consecuencias es probable, debido a que una comunidad tan amplia tiene intereses muy diversos¹⁷⁷.

En cuanto al incentivo que los mineros reciben por el esfuerzo computacional realizado, este viene dado por una remuneración económica que se materializa en la primera transacción que el bloque

definitiva cuando el bloque se agrega al historial de transacciones conforme a las reglas del protocolo. Vid. TASCA, TESSONE, cit., pp. 14-15.

Asimismo, ha de mencionarse que la inmutabilidad de las redes privadas es mucho más frágil, debido a la posibilidad de que sus programadores hayan convenido atribuir a determinados participantes la capacidad de reescribir a su conveniencia el historial de transacciones sin que el resto de los usuarios se percate, en principio, de esta circunstancia. Vid. CATALINI, C., TUCKER, C., “Antitrust and Costless Verification: An Optimistic and a Pessimistic View of the Implications of Blockchain Technology”, *MIT Sloan School of Management*, N 5523, (2018), p. 11.

¹⁷³ Ciertos sectores de la comunidad científica destacan la posibilidad de que sucedan casos de abuso en los que determinados usuarios introducen maliciosamente información con la finalidad de que esta permanezca indebidamente en el registro DLT, lo cual podría suponer un riesgo para el ejercicio de los derechos que reconoce la normativa de protección de datos personales. Asimismo, la utilización de la DLT en ámbitos empresariales puede resultar mermada por el hecho de que las empresas sean incapaces de rectificar errores o simplemente de eliminar información. Vid. ATENIESE, G., MAGRI, B., VENTURI, D., ANDRADE, E., “Redactable Blockchain —or— Rewriting History in Bitcoin and Friends”, *IEEE European Symposium on Security and Privacy*, (2017), p. 117

¹⁷⁴ ATENIESE, cit., p. 113.

¹⁷⁵ Para lograr este objetivo al tiempo que se mantiene la seguridad de la cadena de bloques, se ha propuesto, por ejemplo, la utilización de *hashes* camaleónicos. El *hash camaleónico* consiste en que a la *función hash*, que produce una sucesión alfanumérica aleatoria de los valores sobre los que se aplique, contiene una “puerta trasera” que permite a posteriori alcanzar idéntico resultado criptográfico (*output*) a partir de unos datos de entrada (*input*) distintos a los originales. Se trata de mantener el *hash* de la cabecera del bloque a pesar de que se hayan sustituido las transacciones que contiene el bloque. En un lenguaje más técnico, para un determinado *input* se calcula un *output* que *colisiona* (es idéntico) al *output* derivado de otro *input*.

Vid. ATENIESE, cit., pp. 115-117.

Al hilo de esta propuesta, cabe añadir que la seguridad de la técnica criptográfica del *hash* depende de que los *hashes* sean únicos, esto es, de que la aplicación de la función *hash* a otros valores no dé lugar a un *hash* idéntico. Para que los *hashes* camaleónicos sean seguros deben ocultar la puerta trasera a actores maliciosos. El proyecto expone posibilidad de que el *hash camaleónico* sea utilizado por una *autoridad central*, caso en el que un nodo podría cambiar el registro, o de forma descentralizada, supuesto en el que la modificación se llevará a cabo con la participación de todos los nodos que integran la red.

¹⁷⁶ SIMONITE, T., “The man who really built Bitcoin”, 2014, disponible en <https://www.technologyreview.com/2014/08/15/12784/the-man-who-really-built-bitcoin/> (última consulta, el 04.04.2022).

¹⁷⁷ WALCH, cit., p. 870.

contiene, denominada *coinbase*, y que el minero obtiene a su favor. La atribución de Bitcoin a los mineros con ocasión de la adición de bloques supone la creación de nuevas unidades monetarias, por lo que la inclusión de nuevos bloques aumenta la masa monetaria de Bitcoins. Asimismo, el minero también se retribuye en virtud de las “comisiones por transacciones” que se perciben en caso de que el transferente indique que el *output* de la transacción es inferior a su correlativo *input*¹⁷⁸. Los usuarios pagan comisiones con la finalidad de que los mineros incorporen sus transacciones en un bloque con prioridad respecto de otras operaciones¹⁷⁹. Así, los mineros tienen el incentivo de seleccionar, de entre las transacciones incluidas en la memoria de transacciones no confirmadas, a aquellas que consignan una cuantía monetaria determinada en concepto de comisión¹⁸⁰.

iii. Otras características relevantes

El número de Bitcoins que pueden crearse de la nada decrece paulatinamente conforme se *minan* más unidades monetarias hasta que el incentivo de la transacción *coinbase* se suprima totalmente cuando se alcance la cuantía de 21 millones de Bitcoins en circulación¹⁸¹. A partir de dicho momento, la remuneración de los mineros quedará reducida a las comisiones. Las comisiones deberán resultar suficientes para compensar, por un lado, los costes de participar en la prueba de trabajo y, de otro, para desincentivar a los posibles atacantes.

Por otro lado, el *Simplified Payment Verification* (SPV) permite la existencia de “nodos ligeros” que no requieren descargar la totalidad de los bloques, sino únicamente su cabecera¹⁸². Esto se debe a que *hash raíz* contiene los *hashes* de todas las transacciones incluidas en el bloque¹⁸³.

La privacidad de Bitcoin no se debe a la ocultación de las transacciones, ya que estas se publican en la red. La privacidad consiste en que las direcciones públicas que identifican a los destinatarios no permiten, por sí solas, reconocer ninguna identidad real. En cualquier caso, Bitcoin no proporciona un verdadero anonimato a sus usuarios¹⁸⁴, dado que las autoridades tienen la posibilidad de hallar la verdadera identidad de los titulares de las cuentas mediante la monitorización de las transacciones que se publican en la red DLT. Por este motivo, la privacidad en Bitcoin quedaría limitada al uso de pseudónimos¹⁸⁵.

En conclusión, la *Blockchain* de Bitcoin se basa en la transmisión de una serie de transacciones al conjunto de la red de nodos. Los mineros de dicha red agrupan las transacciones en bloques

¹⁷⁸ NAKAMOTO, cit., p. 3.

¹⁷⁹ KHATWANI, S. “How Much Bitcoin Transaction Fees Should You Pay For Confirmed Transaction?”, 2018, disponible en <https://coinsutra.com/bitcoin-transaction-fees/> (última consulta del 21/03/2019).

¹⁸⁰ El incentivo de los usuarios en pagar consiste en que, de no hacerlo, las transacciones podrían enfrentarse a un cuello de botella que impide su confirmación. Esto se debe a que la capacidad de los bloques es limitada y el volumen de transacciones muy elevado.

¹⁸¹ BARBER, S., BOYEN, X., SHI, E., UZUN, E., “Bitter to Better — How to Make Bitcoin a Better Currency”, en A. KEROMYTIS (Ed.), *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, Springer, Berlin, 2012, p. 403.

¹⁸² ANTONOPOULOS, “Mastering bitcoin...”, cit., capítulo 8.

¹⁸³ Las transacciones se recopilan en el *hash raíz* gracias a la técnica del Árbol de Merkle. Se trata de una estructura de datos que permite asegurar que todas las ramas, *hashes* de las transacciones en este caso, están incluidas en la raíz o *hash raíz* de la estructura. Así, los nodos ligeros solo tienen que descargar el *hash raíz* de un bloque para verificar si la transacción se encuentra incluida en este con la finalidad, en su caso, de requerir a un “nodo completo” la información completa relativa al bloque de transacciones en cuestión. Vid. NAKAMOTO, cit., p. 4.

¹⁸⁴ NAKAMOTO, cit., p. 6.

¹⁸⁵ PÉREZ LÓPEZ, X., “Las criptomonedas: consideraciones generales y empleo de las criptomonedas con fines de blanqueo” en D. FERNÁNDEZ BERMEJO (Dir.) *Blanqueo de Capitales y TIC: Marco Jurídico Nacional y Europeo, Modus Operandi y Criptomonedas Ciberlaundry. Informe de Situación*, Aranzadi, Cizur Menor, 2019, p. 19 (de la versión digital de Aranzadi Instituciones).

con la finalidad de incorporarlos a la cadena de bloques, que es la forma que adopta el historial de transacciones compartido mediante una arquitectura distribuida. La selección del minero que va a añadir un bloque a la cadena tiene lugar a través de la competición impuesta por el protocolo de consenso consistente en completar el bloque con un número aleatorio para la adquisición de un incentivo económico. Los nodos verifican que el bloque cumple con las condiciones que requiere el protocolo de Bitcoin y, en caso de que se acepte, los mineros trabajarán en posteriores bloques que tendrán en su encabezamiento una referencia al *hash* del bloque anterior. La integridad de las transacciones y su orden cronológico se consigue mediante el encadenamiento de bloques y la dificultad de que los nodos deshonestos construyan un historial de transacciones alternativo. No obstante, la seguridad del sistema depende de que el poder computacional de los nodos deshonestos sea inferior al 51 %.

b. Ethereum

i. Una plataforma DLT universal

Se dice que *Blockchain*, más bien las DLTs, representa la evolución del Internet de la Información al Internet del Valor. Las DLTs rompen con el hecho de que internet solo permita transmitir copias o información relativa a un archivo sin la presencia de intermediarios; las transferencias de valor requerían con la tecnología anterior la intervención de terceros para evitar el problema del doble gasto¹⁸⁶. Asimismo, también es frecuente encontrar la afirmación de que las DLTs han propiciado la evolución de la *web 2.0*, caracterizada por el hecho de que cualquier internauta puede crear contenido, a la *web 3.0*, donde el funcionamiento de los sitios *webs* se dispone sobre una arquitectura descentralizada, total o parcialmente¹⁸⁷.

Como anteriormente se ha visto, Bitcoin permite que los usuarios que integran su comunidad lleven a cabo transferencias de valor monetario de forma segura y sin requerir la participación de intermediarios. Ahora bien, tras el lanzamiento de Bitcoin se planteó la posibilidad de que las DLTs se utilizasen para transferir otra clase de activos distintos del dinero. Entonces, surgió la idea de crear una plataforma DLT que pudiera dar cabida a todas las aplicaciones que pudieran ejecutarse sobre una estructura descentralizada, incluso para las que están por descubrir o en fase de prueba¹⁸⁸. Ethereum constituye el primer registro DLT que permite el desarrollo por terceros de las llamadas aplicaciones descentralizadas —DAPPs— en virtud de un lenguaje Turing completo¹⁸⁹ y de los denominados *smart contracts*¹⁹⁰.

ii. Ethereum y los *smart contracts*

La principal aportación de Ethereum se da con los denominados *contratos inteligentes*. Se trata de un tipo de *software* que contiene instrucciones que se autoejecutarán cuando concurren una serie de circunstancias predeterminadas. El concepto suscita más cuestiones jurídicas que el mero documento electrónico¹⁹¹, puesto que este último constituye, en esencia, un tipo de soporte que desempeña funciones análogas a las del papel¹⁹².

¹⁸⁶ PALOMO-ZURDO, cit., p. 4.

¹⁸⁷ ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...” cit., capítulo 12 (versión digital —html— del libro).

¹⁸⁸ DELGADO DE MOLINA RIUS, A., GARCÍA GIL, V., “Los contratos inteligentes o smart contracts” en A. GURREA MARTÍNEZ, N. REMOLINA LEÓN (Dirs.), *Fintech, Regtech y Legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 421.

¹⁸⁹ Un lenguaje de programación Turing completo permite ejecutar cualquier operación que pueda operar una máquina.

¹⁹⁰ TechCrunch., “Decentralizing Everything with Ethereum's Vitalik Buterin Disrupt SF 2017”, 2017, disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=WSN5BaCzsbo> (última consulta 25.03.2019).

¹⁹¹ Posteriormente se retomará la cuestión de la naturaleza jurídica de los *smart contracts*.

¹⁹² BUSTOS PRETEL, G., “El archivo en la era Blockchain,” *El Consultor de los Ayuntamientos y de los Juzgados: Revista Técnica Especializada en Administración Local y Justicia Municipal*, N extra-1, (2018), p. 7 (de la base de datos La Ley Digital).

El sistema Turing completo de Ethereum permite la programación de estos denominados *smart contracts* en un lenguaje mucho más flexible, Solidity¹⁹³, que el que proporciona el sistema de Bitcoin¹⁹⁴. La ejecución automatizada y descentralizada de estos *smart contracts*, así como la actualización del historial de transacciones, tiene lugar gracias a la acción de la Ethereum Virtual Machine (EVM, en adelante)¹⁹⁵. Cada nodo ejecuta su propia instancia de la EVM¹⁹⁶, esto es, la potencia de cálculo no se combina porque cada nodo gestiona su propia copia del registro.

La ejecución automatizada de los *smart contracts* debe activarse mediante el envío de un mensaje o transacción por parte de una de las partes, de un tercero denominado oráculo o de un tercer *smart contract*¹⁹⁷. En la medida en que sus funciones deben activarse, los *smart contracts* no se “autoejecutan” en sentido estricto; no obstante, una vez iniciada la ejecución del *smart contract*, esta se lleva a cabo de manera irremediable¹⁹⁸, salvo en el caso de que se haya programado alguna función que permita su reversibilidad¹⁹⁹.

iii. Particularidades respecto de Bitcoin

En Ethereum existen dos tipos de cuentas. En primer lugar, las cuentas externas —*external owned accounts*, EOA en adelante— se identifican con una dirección (*address*) y representan a un usuario de la plataforma. Estas cuentas permiten la recepción y remisión de la criptomoneda de la plataforma —el Ether— a otras direcciones y a cuentas pertenecientes a *smart contracts* con la finalidad, en este último caso, de desencadenar las ejecuciones programadas. Por otro lado, los *smart contracts* también tendrán sus propias cuentas, o *address contracts*. Estas cuentas de contratos reciben los mensajes procedentes de usuarios y terceros, mensajes que actuarán como detonantes de las ejecuciones automatizadas²⁰⁰. En definitiva, las EOA sirven para que los usuarios realicen transacciones, mientras que las cuentas de los *smart contracts* se encargan de recibir las transacciones y de ejecutar la consecuencia²⁰¹ que el código preceptúa para dicho mensaje²⁰².

La “situación” de estas cuentas de la red de Ethereum forma un “estado global” cuya actualización vertebrará el funcionamiento de esta plataforma²⁰³. La edición del estado global del registro tiene

¹⁹³ En general, la sintaxis del lenguaje de programación a partir del que se desarrollan los *smart contract* tiene la estructura *if/then/else*: si ocurre esta circunstancia (*if*), entonces (*then*) se ejecuta automáticamente esta consecuencia; por otro lado, si la circunstancia (*if*) no se cumple, tiene lugar la otra consecuencia prevista (*else*).

Vid. LEGERÉN-MOLINA, cit., pp. 198-199.

¹⁹⁴ Las menores opciones que proporciona el sistema de *scripts* se compensan con una probabilidad menor de que ocurran fallos.

¹⁹⁵ TUR FAÚNDEZ, cit., p. 41.

¹⁹⁶ DELGADO DE MOLINA RIUS, GARCÍA GIL, cit., p. 422.

¹⁹⁷ DELGADO DE MOLINA RIUS, GARCÍA GIL, cit., p. 425.

¹⁹⁸ LEGERÉN MOLINA, A., “Smart contracts que se ejecutan en «blockchain»”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, p. 291.

¹⁹⁹ Técnicamente, el EVM procesa los cambios de estado en los *smart contracts* cuando el historial de transacciones se actualiza con la inclusión de bloques que contienen las últimas transacciones válidas que “invocan” correctamente algunas de las funciones —acciones que el *smart contract* debe ejecutar de acuerdo con su programación— del *smart contract*.

²⁰⁰ TUR FAÚNDEZ, cit., pp. 4-43.

²⁰¹ Si bien es cierto que la transacción inicial —incluida la propia creación de una *address contract*— debe proceder de una EOA, una *address contract* o cuenta de contrato puede reclamar la función de otro *smart contract*, esto es, un *smart contract* puede interactuar con otro para que el último ejecute alguna función. Vid. ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 13 (versión digital —html— del libro).

²⁰² BUTERIN, cit., p. 13.

²⁰³ ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 13 (versión digital —html— del libro).

lugar a partir de las reglas del protocolo de consenso. Recientemente, Ethereum reemplazó la prueba de trabajo por la prueba de participación como protocolo de consenso²⁰⁴.

Otra peculiaridad de Ethereum reside en el concepto de *gas*. La validación de una transacción depende de que esta contenga unos valores mínimos de *gas*²⁰⁵. Otro elemento de la transacción que deberá comprobarse es el *nonce*. En Ethereum, el *nonce* identifica a las transacciones²⁰⁶. La transacción en Ethereum, por tanto, se ajusta al paradigma *account-based model* —modelo basado en la cuenta— frente al modelo de Bitcoin centrado en la disponibilidad de los *outputs* no gastados (UTXO)²⁰⁷.

En cuanto a la morfología y confección de los bloques, la operativa de Ethereum se asemeja en gran parte a la de Bitcoin. Simplemente se incidirá en las diferencias más destacadas. Cada bloque contiene, además de las transacciones que se comunican, el estado en el que se encuentran las cuentas antes de la actualización y el estado resultante de las ejecuciones que han desencadenado las transacciones. Así, los bloques adicionales solo modifican levemente el estado global del registro. En términos de escalabilidad se trata de un modelo basado en cuentas eficiente²⁰⁸. Asimismo, el *hash raíz* de cada bloque se constituye a partir de la estructura *Patricia Merkle Tree* frente al *Binary Merkle Tree* de Bitcoin²⁰⁹.

²⁰⁴ La decisión obedece a la finalidad de evitar el gasto energético que conlleva el protocolo de consenso que estableció Bitcoin como principal solución técnica. No obstante, los problemas técnicos demoraron la adopción de este cambio. En particular, se ha de destacar la existencia de vulnerabilidades específicas de la prueba de participación, como la *Weak Subjectivity* y la *Costless Simulation*.

La *Weak Subjectivity* hace referencia a un problema que afecta a los nodos que acaban de sincronizarse con la red DLT o que llevan un tiempo desconectados y la *Costless Simulation* describe la capacidad de los atacantes de crear un historial de transacciones alternativo sin incurrir en costes computacionales significativos. La vulnerabilidad se origina cuando estos nodos que acaban de conectarse a la red DLT, ante cadenas de bloques de igual longitud, no pueden distinguir el historial de transacciones fidedigno del fraudulento. La dificultad reside en que la regla de la cadena más larga no sirve en esta situación para resolver el conflicto.

Vid. DEIRMENTZOGLOU, E., PAPAKYRIAKOPOULOS, G., PATSAKIS, C., “A Survey on Long-Range Attacks for Proof of Stake Protocols”, *IEEE Access*, Vol. 7, (2019), p. 28715.

²⁰⁵ En concreto, se trata del *Startgas* y *Gasprice*. El primero se refiere al límite de gas que la transacción va a emplear y el segundo al precio en Ether de ese gas. El gas hace referencia al coste computacional en el que se incurre por ejecutar la transición del estado del registro en cada uno de los nodos que conforman la red. Tras establecer el límite del coste computacional que va a conllevar a la red la transacción, el gas se paga en Ether por las partes del contrato, como si se tratara del pago del combustible que nutre la operación. Su establecimiento se debe al propósito de evitar la posibilidad de que, intencionadamente o no, se genere un bucle infinito que paralice el sistema, esto es, se pretende impedir que pueda plantearse un problema que sea irresoluble para una máquina (el EVM) que es Turing Completa. Si no hay suficiente gas para la ejecución de la transacción, esta se revierte salvo el pago del gas; en cambio, si la transacción contiene más gas del que se ha necesitado para procesar la autoejecución a la que ha dado lugar, se devuelven los Ethers correspondientes al gas sobrante al iniciador de la transacción.

Vid. BUTERIN, cit. p. 14 y ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 1 (versión digital —html— del libro).

²⁰⁶ El diseño de Ethereum permite efectuar operaciones que van más allá de la simple transferencia de activos virtuales en el marco de un registro distribuido. No obstante, para poder implementar estas funciones complementarias, resulta necesario añadir un elemento —el *nonce*— que garantice el orden en el que una cuenta remite transacciones a la red, pues de lo contrario se crea un riesgo de replicación y de anteposición de las transacciones posteriores.

Vid. ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 6 (versión digital —html— del libro).

²⁰⁷ CHRISTIDIS, K., DEVETSIKIOTIS, M., “Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things”, *IEEE Access*, Vol. 4, N 1, (2016), p. 2297.

²⁰⁸ BUTERIN, cit., pp. 18-19.

²⁰⁹ El más complejo algoritmo *Patricia Merkle Tree* otorga a los nodos más funcionalidades que el *Binary Merkle Tree*, como la localización tanto del listado de transacciones como de los estados previos y del

Los terceros que remiten transacciones que informan a los *smart contracts* acerca del acaecimiento de las condiciones que causan su ejecución automatizada se denominan *oráculos*. Estos intervienen cuando estas condiciones que activan las funciones del *smart contract* vienen referidas a hechos externos al espacio virtual de Ethereum, debido a que la supuesta imparcialidad de los oráculos²¹⁰ garantizaría la probidad del sistema²¹¹.

Ethereum supone el segundo hito más importante en la historia de las DLTs tras la aparición de Bitcoin, no solamente por descubrir nuevas funcionalidades de estas tecnologías, sino por suponer una base sólida sobre la que es posible desarrollar cualquier tipo de aplicación que pueda servirse de los beneficios que proporcionan las TRDs.

c. Redes privadas. El caso de Hyperledger

i. Las redes privadas como solución para las empresas

Tras haber realizado un bosquejo de las redes DLT públicas paradigmáticas, se presenta un somero análisis acerca del caso más representativo de una plataforma que permite crear redes privadas basadas en las TRDs, Hyperledger. El objeto de este pasaje consiste tanto en asentar los fundamentos sobre los que se erige este concreto proyecto DLT como en inducir las principales características de las redes DLT privadas a partir de este caso.

Hyperledger no consiste en una única plataforma DLT, ya que se trata de una iniciativa encabezada por la Fundación Linux que promueve diversos proyectos cuyo hilo conductor es el propósito de contribuir al desarrollo de las soluciones distribuidas²¹². Entre los distintos proyectos en desarrollo, cabe destacar a Hyperledger Fabric, porque a pesar de tener un enfoque muy concreto —el desarrollo de aplicaciones para uso empresarial y gubernamental— el resto de los programas que engloba el ecosistema Hyperledger tiene como objeto dar soporte a Fabric o constituyen propuestas que tienen un propósito más específico que el de Fabric²¹³. Por tanto, en aras de una mayor concisión, en este epígrafe me referiré a Hyperledger Fabric simplemente como Hyperledger.

Hyperledger aspira a convertirse en una plataforma DLT que proporcione un protocolo efectivo para la realización de transacciones empresariales²¹⁴. Con esta finalidad, se ha dispuesto un enfoque modular²¹⁵ que permite a las empresas usuarias configurar la red que constituyan con esta

estado actualizado. Asimismo, el *Patricia Merkle Tree* permite a los mineros insertar los datos con más facilidad.

Vid. TASCA, TESSONE, cit., pp. 15-16. y EtherWorld, “Concept of Merkle Tree in Ethereum”, disponible en <https://etherworld.co/2017/02/14/concept-of-merkle-tree-in-ethereum/> (última consulta 26.03.2019).

²¹⁰ La intención de dotar de una mayor seguridad al sistema de los oráculos, sin perjuicio de que el propósito de descentralizar todos los elementos que integren este proyecto basado en las tecnologías de registro distribuido también haya jugado un papel determinante, explica que existan redes descentralizadas de oráculos cuya función resida en obligar a los oráculos a consensuar los hechos que han ocurrido para luego comunicarlos a Ethereum.

Vid. ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 11 (versión digital —html— del libro).

²¹¹ TUR FAÚNDEZ, cit., pp. 111-115.

²¹² BASHIR, I., *Mastering Blockchain, distributed ledger technology, decentralization and Smart Contracts explained*, Packt Publishing, Birmingham, 2018, p. 645.

²¹³ Por ejemplo, la plataforma DLT Corda, enfocada a las transacciones del ámbito financiero, constituye una muestra de la especificidad de los demás proyectos que engloba Hyperledger.

²¹⁴ Téngase en cuenta que Hyperledger constituye, más que una red unitaria, un conjunto de elementos que constituyen una plataforma sobre la cual las empresas conforman sus redes DLT particulares. BASHIR, cit., p. 655.

²¹⁵ En el mundo de la informática esta expresión implica que un programa puede dividirse en partes independientes, de tal manera que las subdivisiones pueden configurarse de manera autónoma.

tecnología de acuerdo con sus necesidades. Se pretende proporcionar una solución distribuida al mundo empresarial que, a diferencia del caso de las redes DLT públicas no permissionadas²¹⁶, procure un entorno que provea privacidad y confidencialidad para las partes.

La alta adaptabilidad de las redes desarrolladas con la tecnología de Hyperledger permitiría a las empresas cumplir con la regulación aplicable, en particular con las obligaciones dimanantes de la normativa de protección de datos personales²¹⁷. No obstante, hay que mostrarse escéptico con este tipo de asertos, dado que las posibilidades de evitar la aplicación de esta regulación están limitadas²¹⁸.

Por otro lado, las redes privadas que se constituyen en el marco de Hyperledger son más eficientes en términos de escalabilidad, seguridad y arquitectura que las redes DLT públicas. Otras ventajas de esta red DLT privada consisten en que el número de nodos y de recursos en general empleados en la red es plenamente configurable. En consecuencia, muchos de los elementos presentes en Ethereum se vuelven innecesarios, tales como el gas y su financiación con la criptomoneda Ether. La innecesidad de destinar criptomonedas a la financiación de las operaciones que alteran el estado del registro no cercena la posibilidad de constituir específicamente una criptomoneda propia. Por lo demás, el funcionamiento de Hyperledger es, en lo sustancial, similar al de Ethereum. Por lo tanto, únicamente se destacarán los aspectos en los que esta plataforma difiere del modelo de la red pública.

ii. Funcionamiento básico de Hyperledger

Hyperledger permite la formación de un registro distribuido por cada “canal” que los nodos decidan constituir²¹⁹. Los canales que puedan implementarse en el marco de una red son independientes unos de otros. Esta circunstancia determina que las transacciones no resulten accesibles para los usuarios de la plataforma ajenos a dicho canal, aunque no cabe excluir la

²¹⁶ Hyperledger constituye una red permissionada. Por este motivo, para participar en Hyperledger se requiere acreditar la identidad con carácter previo. La identificación inherente a las redes permissionadas, como Hyperledger, permite imputar las acciones que ocurren en la red a usuarios concretos tras haber auditado el historial de transacciones. Otro beneficio de Hyperledger como red permissionada frente a las no permissionadas reside en que proporciona una buena conectividad, en el sentido de que resulta interoperable con otras redes DLT y su contenido es portable. BASHIR, cit., pp. 652-654.

²¹⁷ The Linux Foundation, “Hyperledger”, p. 104, disponible en <https://readthedocs.org/projects/hyperledger-fabric/downloads/pdf/latest/> (última consulta el 09.01.2020).

²¹⁸ Así, en cuanto a la solución de conservar únicamente los *hashes* en el historial de transacciones, la Agencia Española de Protección de Datos y el Supervisor Europeo de Protección de Datos restringen la consideración de la función hash como técnica de anonimización.

En concreto, esto se debe a la posibilidad de identificar el dato original a partir de su *hash* o resumen. La reidentificación es posible porque, para evitar que los *hashes* colisionen, esto es, que dos entradas de datos distintas den lugar a un resumen o *hash* idéntico al aplicarle la función *hash*, se “ordenan” las entradas o mensajes iniciales. No obstante, el problema de dicho filtrado u ordenación es que se permite que el mensaje original pueda identificarse a partir del patrón u orden que se ha aplicado para reducir las posibles colisiones.

También hay otros factores que suponen un riesgo respecto de la posibilidad de *reidentificación*.

Vid. Agencia Española de Protección de Datos y Supervisor Europeo de Protección de Datos, “Introducción al hash como técnica de seudonimización de Datos Personales”, 2019, disponible en <https://www.aepd.es/sites/default/files/2020-05/estudio-hash-anonimidad.pdf> (última consulta el 01.12.2020).

En definitiva, no es posible determinar a priori que un proyecto DLT como Hyperledger es compatible con el marco jurídico aplicable sin antes realizar un análisis detallado que verifique dicho extremo.

²¹⁹ El canal permite que distintas organizaciones lleven de forma distribuida y compartida el registro de las transacciones que realizan entre sí. Se considera que el conjunto de organizaciones que forman un canal constituye un consorcio. En una red de Hyperledger puede haber varios canales. Vid. The Linux Foundation, cit., p. 30.

posibilidad de que se acuerde la conectividad entre canales y de que una organización pertenezca a dos o más canales.

Los canales podrán establecerse en los términos que hayan concretado los administradores de la red. No obstante, los administradores de un canal, que establecen su configuración, no tienen por qué coincidir con los administradores de la red: los niveles son independientes²²⁰. Para cambiar la configuración de cada nivel, un administrador deberá remitir una transacción que deberá ser aprobada por el resto de los administradores del nivel correspondiente²²¹. Igualmente, es posible que la configuración pueda ser cambiada por uno de los administradores sin el concurso de los demás, porque la disposición inicial referente al cambio de los ajustes del sistema lo permita²²². Como se decía anteriormente, la plataforma proporciona una amplísima flexibilidad. Por otro lado, ha de destacarse que en este ámbito el concepto de configuración será sinónimo del de política (*policy*), de ahí que exista una política para cada nivel independiente de los demás²²³.

Los nodos, pertenecientes a las organizaciones que conforman el canal, aportan recursos de computación al canal y guardan una copia del registro. El registro replicado en cada uno de estos nodos está compuesto por un “estado mundial”, que constituye la situación actual del registro, y por el historial de transacciones estructurado en bloques. Asimismo, determinados nodos tendrán instalados los *smart contracts*, sin perjuicio de que, gracias a la *definición* de un *smart contract* o *chaincode definition*, todos los nodos tengan acceso a las funcionalidades que proporcionan los contratos inteligentes del canal²²⁴. Los *smart contracts* o *chaincodes* en esta plataforma constituyen una pieza clave²²⁵ en la medida en que permiten que las aplicaciones —las interfaces utilizadas por los usuarios acreditados para interactuar con la base de datos— accedan al contenido del registro y en que contienen la lógica de negocio (*business logic*)²²⁶, a partir de la cual el último estado del registro se actualiza como consecuencia del procesamiento de una transacción iniciada por una aplicación²²⁷.

²²⁰ El nivel de la configuración de la red se corresponde con el llamado *system channel*, mientras que los ajustes del canal se producen en el denominado *application channel*. The Linux Foundation, cit., p. 31

²²¹ The Linux Foundation, cit., p. 40.

²²² The Linux Foundation, cit., p. 44.

²²³ En el *system channel* se especifican las entidades que con *carácter inicial* formarán el consorcio que dará lugar a un canal. Asimismo, en este nivel se contiene el protocolo de consenso que, como es conocido, coordina las actualizaciones que se llevan a cabo en la red. Por otro lado, el consorcio que constituye un canal podrá establecer en el *application channel* una configuración independiente que no podrá modificarse por parte de los nodos que administren el *system channel* en temas como los relativos a la inclusión de nuevos miembros del consorcio o la aprobación de los *smart contracts* a implementar.

Existe un tercer nivel configurable, el de los *smart contracts*, que permite a los miembros del canal o consorcio determinar las condiciones de validación de la actualización de estados del registro e, incluso, los requisitos necesarios para modificar determinados estados del registro. Este tercer nivel cuyo objeto es el gobierno del funcionamiento de los *smart contracts* comprendería el *chaincode definition*, como conjunto de términos en los que un *smart contract* se adhiere a un canal, y el *chaincode endorsement policy*, parámetro del *chaincode definition* que determina en qué condiciones las actualizaciones del registro que realiza el *smart contract* son válidas. Vid. The Linux Foundation, cit., pp. 58-66

²²⁴ The Linux Foundation, cit., pp. 82-83.

²²⁵ De hecho, el proceso de edición de este registro distribuido comienza con el llamamiento que realiza una aplicación de la función de un *smart contract* mediante la comunicación de una transacción. La definición o configuración del *smart contract* determina la fijación de la “política de respaldo” (*endorsement policy*), o procedimiento por el que se distribuye entre los nodos de la red las funciones de albergar los *smart contracts* que procesan los cambios del estado del registro y la validación de las operaciones efectuadas. Esta distribución del trabajo aumenta la escalabilidad de la red.

Vid. The Linux Foundation, cit., p. 34.

²²⁶ Es el procedimiento lógico a través del cual se comunica la interfaz del usuario (*front end*) con la base de datos del servidor (*back end*).

²²⁷ The Linux Foundation, cit., p. 34.

El protocolo de consenso constituye otro aspecto característico de Hyperledger, puesto que los incentivos económicos para mineros y validadores son reemplazados por la necesidad de que las transacciones cumplan con las condiciones de una determinada política de respaldo que se ha configurado de antemano. Esta configuración usualmente exigirá que cada transacción sea refrendada por un número determinado de organizaciones para que, posteriormente, estas sean ordenadas y diseminadas a través de la red por unos nodos específicos²²⁸. Por último, cada nodo con copia del registro deberá verificar que las transacciones incluidas en un bloque que le ha hecho llegar el “nodo ordenador” cumple con las condiciones de la política de respaldo²²⁹.

iii. Hyperledger como alternativa a las redes DLT públicas

Cada usuario y nodo de la red debe disponer de un certificado electrónico emitido por una autoridad de certificación a los efectos de determinar la información y recursos a los que este nodo o usuario puede acceder²³⁰. La técnica utilizada para acreditar la identidad frente al resto de miembros de la red se basa en la extendida infraestructura de clave pública (*Public Key Infrastructure*), mientras que Bitcoin y Ethereum utilizan el sistema de firma de curva elíptica. El uso de una u otra firma electrónica como método de identificación tiene consecuencias jurídicas muy distintas²³¹.

²²⁸ Se trata de los *ordering nodes*, que también son los nodos que alojan la configuración o política del *system channel*.

²²⁹ El proceso consta de tres fases. En la primera, la aplicación remite a cada nodo programado para respaldar transacciones una propuesta de transacción. Sin llegar a actualizar su copia del registro, estos nodos devolverán a la aplicación la transacción firmada en el supuesto en el que esta sea correcta. En el caso de que la aplicación haya reunido suficientes apoyos, habrá concluido satisfactoriamente la primera fase. En segundo término, la aplicación remitirá la transacción respaldada por los nodos verificadores al nodo ordenador (*ordering node*), que agrupará las transacciones en bloques después de haber determinado de forma determinística y definitiva el orden de las transacciones de acuerdo con el protocolo de consenso implementado. La fase final comienza con la distribución de los bloques que realiza el ordenador y su posterior redistribución por parte de los nodos que han recibido el bloque del nodo ordenador mediante un *gossip protocol*, y termina con una nueva validación que cada nodo con copia del registro en cuestión lleva a cabo respecto del bloque que se le comunica. Entonces, podrá ejecutarse el cambio registral instado por la propuesta de transacción inicial, que conllevará una modificación de los valores indicados en el estado actual del registro.

Vid. The Linux Foundation, cit., pp. 93-95 y The Linux Foundation, cit., pp. 74-76.

²³⁰ The Linux Foundation, cit., p. 46.

²³¹ La firma electrónica que consideran los textos legales, desde la no vinculante Ley Modelo de la CNUDMI sobre las firmas electrónicas del año 2001 hasta el Reglamento (UE) N 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de julio de 2014 relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE (DOUE, L 257/73, 28.8.2014) y la Ley 6/2020, de 11 de noviembre, reguladora de determinados aspectos de los servicios electrónicos de confianza. (BOE núm. 298, de 12.11.2020), consiste en la determinación de la identidad de los firmantes de mensajes de datos en el entorno electrónico. No obstante, esta utilidad principal de identificación inherente al propio concepto de firma electrónica, junto con su función autenticadora, no se corresponde exactamente con el papel que las firmas electrónicas desarrollan en redes públicas no permissionadas DLT. Esto se debe a que, en esta tipología de redes, la firma electrónica, más que desempeñar la función de vincular a las partes con la información que suscriben, constituye un elemento necesario para garantizar la integridad de las transacciones comunicadas a la red. En este sentido, cabe recordar que la identificación que se produce en redes públicas no permissionadas, como Bitcoin, no tiene lugar respecto a personas físicas o jurídicas reconocibles, sino en relación con cuentas o direcciones públicas que no identifican a sus titulares, sin perjuicio de que quepa la posibilidad de que mediante la identificación de un patrón de conducta puedan vincularse las cuentas con identidades reales.

Vid. MERCHÁN MURILLO, A., *Firma electrónica: Funciones y Problemática (Especial referencia al Reglamento [UE] n° 910/2014, relativo a la identificación electrónica por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE de firma electrónica*, Aranzadi, Cizur Menor, 2016, pp. 32-33.

Una vez autenticada la identidad, la plataforma garantiza que el usuario acreditado goza de los permisos necesarios que requiere la configuración del canal, función que desempeña el *Membership Service Provider*²³².

Hyperledger permite establecer privacidad dentro del propio canal a través de la técnica de las colecciones de información privada (*private data collection*)²³³.

La facilidad para configurar una red privada en Hyperledger implica renunciar a alguno de los elementos más característicos de las redes DLT públicas, singularmente la descentralización. Esta circunstancia ha conllevado que un grupo significativo de los partidarios de las DLTs se oponga a las redes privadas por entender que no aportan valor. Sin embargo, también las redes públicas no permissionadas presentan algunas desventajas con motivo de la rigidez de su protocolo de consenso y de la usual falta de coordinación entre sus miembros, defectos que se manifiestan debido a la carencia de un sistema de gobernanza efectivo. Estas vulnerabilidades incrementan la probabilidad de que sucedan fallas de seguridad en estas redes²³⁴. Las redes privadas, en cambio, carecen de estas disfunciones. Así, en Hyperledger los nodos honestos rechazarán los cambios anormales del historial de transacciones por considerarlos una “situación crítica”, es decir, un potencial ataque malicioso o un error del sistema²³⁵.

En definitiva, si existe un cierto grado de desconfianza entre los miembros —supuesto que podría darse entre empresas competidoras— y se han establecido mecanismos adecuados de gobernanza, podrá preverse una configuración en la red privada que otorgue utilidad a las partes y facilite el cumplimiento normativo de las disposiciones aplicables, incluso cuando no pueda justificarse la inmutabilidad del registro en cuestión²³⁶. Esto se debe a que la red privada proporcionará confianza a las partes en los términos de su protocolo de consenso. Así, Hyperledger brinda la

Lo anterior es relevante jurídicamente porque la firma electrónica de Bitcoin y Ethereum, al no basarse en certificados reconocidos basados en un dispositivo seguro de creación de firma, no podrá desplegar los efectos jurídicos de la firma electrónica reconocida, esto es, no podrá equipararse legalmente a la firma manuscrita.

Vid. FERNÁNDEZ BURGUENO, P., “Firma electrónica”, en A. PORTO CORTÉS (Coord.) *Manual de Derecho de Consumo*, Lex Nova, Madrid, 2013, p. 6. (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones) y PAREJO NAVAJAS, T., “Análisis de las figuras esenciales del régimen jurídico de la firma electrónica: la ley 59/2003, de 19 de diciembre de firma electrónica”, *Revista de la Contratación Electrónica*, N 70, (2006), p. 22.

²³² The Linux Foundation, cit., p. 52.

²³³ La función requiere que los nodos alojen en una base de datos separada la información que no se desea compartir y la transfieran a los miembros expresamente autorizados sin la intermediación del ordenador. De esta manera, los nodos no autorizados solo dispondrán del *hash* de las transacciones referidas a dicha información privada. El flujo de las transacciones se altera ligeramente, debido a que la transacción privada se remitirá únicamente a alguno de los nodos autorizados para disponer de las colecciones de la información privada. El *smart contract* del nodo con autorización invocado distribuirá los cambios operados en los datos privados entre el resto de los nodos con acceso a la colección privada. Por otro lado, los nodos validadores sin autorización podrán refrendar la transacción privada sin acceder a su contenido, ya que podrán acceder al *hash*, pero no a la información completa. La aplicación del usuario que pretende actualizar el estado de la colección privada, una vez que ha obtenido los respaldos oportunos, remitirá las transacciones privadas al nodo ordenador para que este incluya estas transacciones —solo su *hash*, en realidad— en los bloques y, sucesivamente, las distribuya a todos los nodos de la red. Por último, los nodos autorizados para leer la información privada comprobarán que el *hash* de la transacción incluida en el bloque se corresponde con los datos alojados en su colección privada.

Vid. The Linux Foundation, cit., p. 101.

²³⁴ Estas vulnerabilidades quedaron expuestas en el caso TheDAO.

²³⁵ HERENCIA ANTÓN, J., “Fundamentos tecnológicos de los criptoactivos” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, p. 72.

²³⁶ GREENSPAN, G., “The Blockchain immutability Myth”, 2017, disponible en <https://www.coindesk.com/blockchain-immutability-myth> (última consulta el 14.01.2020).

seguridad de que, en los términos acordados, la plataforma proveerá un registro fiable donde transferir valor de acuerdo con la programación de los *smart contracts*.

d. Supuestos de DLTs que no constituyen una *Blockchain*

El concepto de tecnologías de registro distribuido o DLTs no equivale necesariamente al de *Blockchain*. Así, el agrupamiento cronológico de las transacciones en bloques concatenados no representa una necesidad, sino una posibilidad —la más frecuente y desarrollada por el momento— de implementación de la llevanza de un registro único de forma distribuida y descentralizada. En definitiva, el libro de contabilidad distribuido no tiene por qué articularse necesariamente a través de una cadena de bloques²³⁷. En su lugar, el historial de transacciones puede formarse con una estructura acíclica y dirigida²³⁸.

Una de las tecnologías DLTs alternativas al *Blockchain* que reemplaza la cadena de bloques por una estructura acíclica y dirigida se conoce como *Directed Acyclic Graphs* (DAG, en adelante). Hay dos proyectos DLT basados en la tecnología DAG que han ganado notoriedad por anunciar que su implementación de la DAG resuelve los problemas técnicos que arrastran las iniciativas basadas en *Blockchain* desde la aparición de Bitcoin. Seguidamente, se explican sucintamente las características principales de estos dos proyectos y la de un tercero que, por el contrario, no utiliza la DAG para constituir un registro distribuido sin *Blockchain*, sino otra tecnología denominada *Distributed Hashed Tables*.

i. IOTA²³⁹

El proyecto IOTA ha desarrollado una tecnología que ha denominado Tangle²⁴⁰, en alusión a la forma que adquiere su historial de transacciones con su puesta en práctica de la técnica DAG. La red formada con Tangle permite prescindir de la disposición del historial en bloques, de los mineros y de la necesidad de que los usuarios abonen comisiones por la remisión de transacciones²⁴¹. Este resultado se consigue mediante la unión del proceso de emisión de las transacciones con el procedimiento de su validación, de acuerdo con su protocolo de consenso. La técnica consiste en que el usuario que emite la transacción debe validar otras dos transacciones, aleatoriamente elegidas, de otros usuarios²⁴². Por este motivo, la representación del historial de transacciones no se asemeja a un conjunto de bloques encadenados, sino a una maraña de operaciones enlazadas sin un patrón identificable.

Al simplificar el proceso de consenso mediante la unificación de la comunicación y la validación de las transacciones, además de eliminar el gasto energético de los mineros, se consigue que la

²³⁷ TEODORO, F., *The blockchain technologies so far: what's next?: A comparative analysis of its attempt to reshape the delivery of products and services*, Universit  de Bologna, Bolonia, 2019, p. 380.

²³⁸ El historial de transacciones de una red DLT pueden representarse mediante grafos: cada transacción constituye un nodo o v rtice que se conecta al resto mediante aristas. En el caso de *Blockchain*, los v rtices se suceden en bloques con la disposición de una cadena.

Un grafo acíclico implica que el gráfico que representa las conexiones entre los v rtices no forma bucles o ciclos. Por otro lado, el término “dirigido” hace referencia a que cada arista o conexión tiene una dirección definida. El diseño de un historial de transacciones que dispone de estas características puede representarse mediante un “Grafo Acíclico dirigido” o *Directed Acyclic Graph*, como posteriormente se explicará.

Vid. SCHUEFFEL, P., “Alternative Distributed Ledger Technologies: Blockchain vs. Tangle vs. Hashgraph - A high-level overview and comparison”, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3144241 ( ltima consulta el 01.07.2020).

²³⁹ IOTA no es ni un acrónimo ni una sigla. Constituye un nombre de fantasía que se utiliza para identificar a la red y criptomoned  homónima.

²⁴⁰ Esta palabra se traduciría al español como enredo.

²⁴¹ TEODORO, cit., p. 397.

²⁴² SCHUEFFEL, cit., pp. 3-4.

red sea escalable²⁴³, esto es, que el registro pueda procesar más transacciones sin que se produzca un menoscabo de la velocidad de confirmación²⁴⁴.

Asimismo, desde IOTA se afirma que la tecnología Tangle es más segura que *Blockchain*, puesto que el hecho de prescindir de la cadena de bloques eliminaría la posibilidad de lanzar un “ataque del 51%”²⁴⁵. Por otro lado, la solución de Tangle, a pesar de las afirmaciones que realiza la Fundación IOTA, se ha criticado duramente por cuestiones de seguridad²⁴⁶.

De esta manera, el proyecto IOTA pretende aumentar la eficiencia y eliminar el coste de actualización del historial para convertir a su registro en una opción atractiva para la anotación de micro transacciones. La razón de este enfoque obedece a que IOTA pretende convertirse en el registro DLT de la economía del Internet de las Cosas, porque este concepto²⁴⁷ requiere para su

²⁴³ En las redes que utilizan la tecnología *Blockchain* se produce un cuello de botella cuando aumenta el número de transacciones que la red debe procesar, ya que la capacidad de los bloques es limitada. En cambio, IOTA propone sustituir esa linealidad que estrangula el flujo de transacciones por un grafo acíclico dirigido, ya que este permite aglutinar a un número muy superior de transacciones en términos escalables. Vid. ROJO RIVAS, M.I., *Blockchain. Fundamentos de la cadena de bloques*, RA-MA, Paracuellos del Jarama, 2018, p. 184.

²⁴⁴ TEODORO, cit., p. 407.

²⁴⁵ TEODORO, cit., p. 459.

²⁴⁶ Se observa con preocupación el hecho de que la inmutabilidad —siempre relativa— de una transacción se sustente en el número de validaciones que recibe por parte de posteriores transacciones, puesto que una transacción maliciosa podría consolidarse por el hecho de haber sido convalidada varias veces.

Vid. ROJO RIVAS, cit., p. 187.

Otro aspecto que da lugar a dudas tiene que ver con la ausencia de incentivos económicos —no están previstas ni asignaciones monetarias por validar transacciones ni comisiones— para que los usuarios proporcionen “nodos completos” que alberguen el historial de transacciones íntegro del registro, de ahí que con carácter provisional se haya recurrido a una entidad centralizada para que, supletoriamente, realice las funciones que deberían desempeñar estos nodos: se trata del coordinador. La función del coordinador consiste en proporcionar al conjunto de la red el último estado del registro. De esta manera, los nodos verifican que las transacciones no entran en contradicción con el historial de transacciones del registro. La Fundación IOTA pretende prescindir del coordinador para volver a la esencia descentralizada y distribuida del proyecto. Una vez más, el protocolo de consenso original —sin coordinador— confía en que la mayoría del poder de computación de la red es honesta para asegurar la fiabilidad del sistema. El problema de este sistema consistía en que, ante la ausencia de “mineros especializados” en esta red, los nodos honestos tienen que emitir constantemente transacciones para asegurar la integridad de la red. En consecuencia, la Fundación IOTA trabaja en un nuevo protocolo de consenso que permita volver a las raíces descentralizadas y distribuidas del proyecto sin descuidar la seguridad del sistema. La respuesta a los problemas suscitados ha venido dada por *Coordicide*, una solución que se basa en un conjunto de *módulos* que culminan en una capa de seguridad consistente en un mecanismo de votación mediante el cual los nodos toman sus decisiones en función de los votos emitidos por terceros nodos.

Vid. ROJO RIVAS, cit., p. 192; IOTA Foundation, “IOTA post-coordinator. Chapter 2”, disponible en <https://coordicide.iota.org/post-coordinator> (última consulta el 30.06.2020), IOTA Foundation, “IOTA post-coordinator. Module 4.1.”, disponible en <https://coordicide.iota.org/module4.1> (última consulta el 30.06.2020).

²⁴⁷ De acuerdo con BARRIO ANDRÉS:

“El “Internet de las Cosas” hace referencia (...) a una tecnología basada en la conexión de objetos cotidianos a Internet que intercambian, agregan y procesan información sobre su entorno físico para proporcionar servicios de valor añadido a los usuarios finales” en BARRIO ANDRÉS, M., *Internet de las Cosas*, Reus, Madrid, 2020, p. 21.

En este sentido, GONZÁLEZ OTERO añade que la conexión inalámbrica a internet es la clave de esta tecnología. Esto se debe a que los dispositivos deben transmitir los datos captados a través de la red con la finalidad de que estos se almacenen, procesen y, en última instancia, actuar conforme a los resultados del tratamiento de los datos. GONZÁLEZ OTERO, *Interoperabilidad, internet de las cosas y derechos de autor*, Reus, Madrid, 2019, pp. 23-25.

Así, un usuario de Tangle podría ser un dispositivo inteligente que detecta mediante sus sensores que necesita ciertos servicios de mantenimiento y contrata con otra máquina su prestación a través de internet.

viabilidad que los dispositivos inteligentes conectados a internet realicen continuamente transacciones²⁴⁸.

ii. Hashgraph

Otro proyecto DLT basado en el DAG que difiere de *Blockchain* es Hashgraph. No obstante, este presenta diferencias significativas respecto del proyecto Tangle de IOTA. En este caso, se utiliza un protocolo *gossip*²⁴⁹ para distribuir y conocer la información global relativa a una transacción entre todos los nodos que forman la red. Asimismo, se insta un protocolo de consenso de prueba de participación que coadyuvará a determinar si la transacción en cuestión ha reunido el suficiente apoyo de la red para su inclusión en el historial de transacciones del registro DLT²⁵⁰.

Por otro lado, además de solucionar el cuello de botella y los problemas de derroche energético o computacional de la tecnología *Blockchain*²⁵¹, se trata de un proyecto que en su *White Paper* actualizado anuncia su solvencia en materia de gobernanza, cumplimiento regulatorio y prevención frente a los *forks* que pudieran dividir a la comunidad y debilitar así la credibilidad del registro²⁵². La iniciativa también se anuncia como una herramienta polivalente cuya base o infraestructura puede dar soporte a una capa de servicios donde sea posible la programación de diversas aplicaciones —criptomonedas, almacenamiento de archivos, *smart contracts*— cuyo código, bien puede permanecer oculto, bien puede ser público y susceptible de recibir modificaciones de la comunidad (*open source*)²⁵³.

iii. Holochain

Se trata de una iniciativa que propone constituir un registro distribuido con base en una tecnología diferente de *Blockchain* y de DAG, la *Distributed Hashed Tables* o DHT. Como novedad, y sin ánimo de descender en pormenores técnicos, en la DHT los nodos no se coordinan para consensuar un historial de transacciones único; cada nodo construye en solitario su historial de transacciones y luego distribuye al resto de nodos de la red fragmentos de este historial a los efectos de obtener su validación. El hecho de que el trabajo de los miembros de la red se reduzca a validar pedazos del historial de transacciones de terceros nodos permite que el registro sea seguro, escalable y eficiente²⁵⁴. Asimismo, esta tecnología otorga al nodo que remite información para su validación por terceros la oportunidad de retirar los datos que ha proporcionado a la red.

²⁴⁸ TEODORO, cit., p. 459.

²⁴⁹ Su traduce como cotilleo en español. Como nos indica su nombre, se trata de un protocolo de distribución de información.

²⁵⁰ El procedimiento consiste en que cada nodo recibe la información que se posee por parte del resto de los miembros de la red, de tal manera que cada nodo adquiere una perspectiva completa del estado en el que encuentra el registro en su conjunto. La información adquirida así permite a cada sistema dilucidar cuál es la opinión de la mayoría de la red acerca de la corrección de una transacción sin llevar a cabo una votación efectiva (votación virtual). El peso del “voto virtual” de cada nodo se determina en función la cantidad de criptomonedas que haya vinculado a su participación en el proceso de consenso.

La seguridad del sistema prevalecería ante cierto número de atacantes —de ahí que sea un protocolo con “tolerancia a fallas bizantinas”— y ante el escenario de que las transacciones se propongan a la red con cierto desfase temporal, propiedad conocida como “tolerancia a fallas bizantinas asíncronas”.

El protocolo de consenso de Hashgraph es además *justo*, en el sentido de que ningún nodo tiene capacidad para alterar la introducción de transacciones, su sello temporal o su orden porque no se permiten estos privilegios.

SCHUEFFEL, cit., pp. 4-5 y BAIRD, L., HARMON, M., MADSEN, P., “Hedera: A public Hashgraph Network & Governing Council. The trust layer of the internet”, pp. 17-35, disponible en <https://www.hedera.com/hh-whitepaper-v1.5-190219.pdf> (última consulta, el 01.07.2020).

²⁵¹ BAIRD, HARMON, MADSEN, cit., p. 11.

²⁵² BAIRD, HARMON, MADSEN, cit., pp. 5-7.

²⁵³ BAIRD, HARMON, MADSEN, cit., pp. 5-7.

²⁵⁴ WAHLSTROM, K., ULHAQ, A., “Privacy by design: a Holochain exploration”, *Australasian Journal of Information Systems*, Vol. 24, (2020), p. 5.

En definitiva, Holochain propone conferir a cada nodo soberanía sobre la información que transmitió a la red de forma fragmentada y que se halla incorporada al historial de transacciones. Este control soberano sobre los datos comunicados implica que las personas afectadas disponen de privacidad, ya que eventualmente pueden retirar el acceso a la información que les concierne. En estas condiciones, el ejercicio del *derecho al olvido* ya no requeriría la intervención de terceros²⁵⁵.

En definitiva, *Blockchain* es la punta del iceberg de un torrente de posibilidades que ofrecen las DLTs. En efecto, Bitcoin sentó las bases de una solución descentralizada y distribuida para el dinero electrónico, pero no llegó a agotar ni mucho menos las oportunidades de investigación en torno a la existencia de otros protocolos que aprovechen mejor las propiedades de las TRDs. No obstante, las tecnologías DLT alternativas a *Blockchain* han pasado desapercibidas para los legisladores y la doctrina legal por el momento. Evidentemente, su inmadurez y el empuje de redes como Bitcoin o Ethereum han influido decisivamente en esta situación. Sin embargo, dado que estas tecnologías presentan soluciones a muchos de los problemas económicos, sociales y legales que presentan los proyectos *Blockchain*, no cabe descartar la posibilidad de que se prefiera por parte de los poderes públicos fomentar —o los mercados por su propia iniciativa— alguna de estas tecnologías alternativas que prometen superar la incompatibilidad de *Blockchain* con el sistema institucional vigente, en lugar de tratar de adaptar el marco jurídico a esta. No obstante, se ha de señalar que la investigación se ha centrado en el estudio de las implicaciones de la tecnología *Blockchain* y sus aplicaciones, principalmente porque las alternativas todavía tienen que mostrar más madurez y porque estas aún carecen de las bases teóricas necesarias para extraer conclusiones robustas.

2. Valor e inconvenientes de esta tecnología

A. Beneficios e inconvenientes de las DLTs. Especial referencia a los costes de transacción

a. Posibles Beneficios. Costes de transacción

En 1937, RONALD H. COASE se preguntó cuál era la auténtica naturaleza —o función esencial— de la empresa. En su célebre artículo *The Nature of the Firm* aduce que la empresa, como unidad coordinada por un empresario, sustituye al mecanismo de los precios del mercado como forma de organizar la producción de bienes y servicios²⁵⁶. La razón de esta sustitución reside, según el autor, en que recurrir a los precios de mercado como mecanismo de asignación de recursos y coordinación tiene un coste. Estos son los costes de transacción. Se trata de costes que se producen por la necesidad de descubrir en el mercado información relativa a los precios realmente representativos de los recursos y de asegurar y ejecutar los contratos que los operadores económicos celebran²⁵⁷. La organización de la actividad económica en empresas permite reducir significativamente los costes de transacción, porque la estructura organizativa empresarial sustituye las prestaciones que de otra forma tendrían que contratarse y otorga a sus titulares “poder de dirección” en la organización de la producción²⁵⁸. La eficiencia en la sustitución del mercado determinaría a su vez el tamaño de la empresa; el cénit de su volumen vendría dado por el momento en el que es más eficiente acudir al mercado o externalizar la producción²⁵⁹.

²⁵⁵ WAHLSTROM, ULHAQ, cit., p. 6.

²⁵⁶ COASE, “The nature...”, cit., p. 388.

²⁵⁷ COASE, “The nature...”, cit., p. 390.

²⁵⁸ COASE, “The nature...”, cit., pp. 391-392.

²⁵⁹ COASE, “The nature...”, cit., pp. 394-395.

Un sector marcado por la existencia de costes de transacción y su tratamiento es el financiero²⁶⁰. Por este motivo, la aparición de tecnologías como las DLTs, capaces de eliminar o reducir significativamente los costes de transacción al aportar confianza entre las partes, tiene efectos disruptivos en el sector financiero. Esto se debe a su potencial para eliminar la necesidad de que los actores económicos recurran a estos intermediarios en lugar de acudir directamente a los mercados financieros²⁶¹.

Este “barrido de empresas intermediarias” es aplicable tanto al sector financiero como al resto de operadores que intermedian en otros sectores donde las DLTs podría implantarse. Cabe recordar que Ethereum e Hyperledger permiten crear aplicaciones que tienen funcionalidades más allá del ámbito estrictamente financiero. Esta universalidad de la DLT es posible gracias a los *smart contracts*.

Por otro lado, el hecho de prescindir de los intermediarios reduciría los costes que los operadores económicos deben sufragar como consecuencia de la intervención de los intermediarios especializados en la reducción de los costes de transacción²⁶².

Mención especial requiere el tratamiento de los costes de transacción asociados a la ejecución de los contratos mediante la DLT. Los *smart contracts* podrían suprimir los costes de transacción que surgen como consecuencia de los conflictos contractuales y de la incertidumbre que supone la resolución de la disputa por un tercero, juez o árbitro. De acuerdo con la teoría del contrato

²⁶⁰ El análisis económico en términos de costes de transacción es fundamental en el sector financiero. Así, se ha dicho que una de las principales razones de ser la industria financiera, esto es, el motivo por el que existen empresas que operan en este sector económico, reside en el hecho de que estos operadores reducen los costes de transacción de los participantes de los mercados financieros, es decir, de los ofertantes y demandantes de financiación. Esto se debe a que los intermediarios financieros disponen de economías de alcance y de escala en el tratamiento de las asimetrías informativas, asimetrías que generan costes de transacción que pueden llegar a inhibir a los operadores económicos de acudir a los mercados financieros. Vid. BENSTON, G.J., SMITH, C.W., SOURCE, J., “A Transactions Cost Approach to the Theory of Financial Intermediation” *The Journal of Finance*, Vol. 31, N 2, (1976), p. 215.

Las asimetrías informativas dan lugar a problemas como la selección adversa y el riesgo moral, situaciones en las que una parte informada pretende aprovecharse del desconocimiento de la otra. En particular, el problema de la selección adversa se ha tratado con motivo del mercado de los coches de segunda mano, caracterizado por que el vendedor conoce el verdadero estado del vehículo al contrario que el comprador, en la famosa publicación de AKERLOF, G.A., “The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, No. 3, (1970), pp. 488-500. Igualmente, en el sector financiero los prestatarios pueden aprovecharse del desconocimiento de los prestamistas acerca de su situación patrimonial.

No obstante, hay que tener en cuenta que, además del tratamiento de los costes de transacción que originan las asimetrías informativas, las empresas financieras también realizan otras funciones, como la conocida como “transformación” de los activos financieros. De hecho, esta labor conformaría el núcleo de la actividad bancaria.

Vid. FREIXAS, X., ROCHET, J.C., *Microeconomics of banking*, Massachussets Institute of Technology, Cambridge, 1999, pp. 18-20.

²⁶¹ En particular, resultan especialmente vulnerables frente a la innovación que representan las DLTs las empresas que gestionan las llamadas “infraestructuras financieras”. Se trata de un conjunto de instituciones que gestionan las estructuras que permiten el funcionamiento de los mercados financieros. Dichas estructuras actualmente se disponen sobre una arquitectura tecnológica “centralizada”. Vid. CNMC, “Estudio sobre el impacto en la competencia...”, cit., p. 12.

Así, un único registro distribuido podría remplazar a las empresas de servicios de inversión que llevan a cabo los procesos de compensación y liquidación en el mercado de valores.

²⁶² En este sentido, se ha escrito que:

“Blockchain y las innovaciones similares tienen el potencial de disminuir los costes de transacción, al reducir gastos administrativos y servicios de intermediación, agilizando y abaratando los flujos reales, monetarios y financieros”.

Vid. CNMC, “Estudio sobre el impacto en la competencia...”, cit., pp. 17-18.

incompleto, la parte incumplidora aprovecharía la incertidumbre para renegociar las condiciones contractuales en perjuicio de la parte que actuó con rectitud. Este es el motivo por el que, preventivamente, una empresa prefiere integrar un proceso en su cadena de producción antes que acudir al mercado²⁶³.

b. Posibles contrapartidas. Costes de transacción

No obstante, a pesar de que teóricamente la DLT permitiría eliminar los costes de transacción que se originan como consecuencia de la intervención de los intermediarios y aquellos que se producen debido a la incertidumbre de las relaciones contractuales, un sector de la doctrina cuestiona que la sustitución de los mecanismos jurídicos tradicionales por las tecnologías DLT produzca un saldo favorable en términos de reducción de los costes de transacción. En primer lugar, hay que tener en cuenta que el papel de los intermediarios puede ser positivo para los oferentes y demandantes del mercado en cuestión²⁶⁴, dado que su especialización les permite aprovechar economías de escala, alcance y dinámicas en el tratamiento de los costes de transacción²⁶⁵. En consecuencia, el sector doctrinal escéptico con la DLT defiende que, a la par que disminuyen los costes de transacción relacionados con el oportunismo de los actores económicos, se incrementan otros²⁶⁶.

Para solventar las desventajas que conlleva la sustitución del criterio humano por mecanismos automatizados, algunos registros DLT han introducido elementos de gobernanza para dotar de una mayor flexibilidad a las aplicaciones descentralizadas²⁶⁷.

²⁶³ VATIERO, M., “Smart Contracts and transaction costs”, *Discussion Papers del Dipartimento di Economia e Management –Università di Pisa*, N 238, (2018), p. 4.

²⁶⁴ CNMC, “Estudio sobre el impacto en la competencia...”, cit., pp. 17-18.

²⁶⁵ Vid. ALFARO ÁGUILA REAL, J., “La regulación de las plataformas”, 2016, disponible en <https://derechomercantiles.upsa.blogspot.com/2016/05/la-regulacion-de-las-plataformas.html> (última consulta el 29.01.2020).

Así, aunque la DLT suponga una forma alternativa de coordinación económica, algunos autores entienden que es más eficiente que recurrir a instituciones económicas tradicionales desde la perspectiva de los costes de transacción en el contexto del análisis económico institucional. En este sentido, DAVIDSON, S., DE FILIPPI, P., POTTS, J., “Blockchains and the economic institutions of capitalism”, *Journal of Institutional Economics*, Vol. 14, N 4, (2018), pp. 648-650.

²⁶⁶ En particular, aumentarían los costes de transacción derivados de la falta de adaptabilidad o rigidez de los *smart contracts* y la incertidumbre que supone la posibilidad de que los grupos de minería, los nodos validadores y otros nodos que deban velar por el protocolo de consenso realicen un ataque a la integridad de la red en perjuicio de los intereses de los grupos minoritarios. Vid. VATIERO, cit., pp. 6-7.

La falta de adaptabilidad de los *smart contracts* se debe a la incapacidad de las partes y de terceros — jueces, árbitros, etc. — de modificar las consecuencias contractuales que han tenido lugar en virtud de las ejecuciones automatizadas grabadas en el historial de transacciones de un registro DLT. Los *smart contracts* eliminan, por tanto, las ventajas de los llamados “contratos incompletos”, esto es, contratos que no prevén regular las consecuencias de todas las eventualidades que pueden acaecer durante el desarrollo de la relación contractual con el objetivo de dotar de flexibilidad a las partes. Así, los resultados producidos por un *smart contract*, más allá de la posibilidad de que los programadores hayan previsto de manera *ex ante* funciones de reversión y cancelación que permitan anular su inmutabilidad en caso de activación, serán inalterables aun en contra de los intereses de las partes. Con este panorama, la posibilidad de que se produzca un cambio en las circunstancias tenidas en cuenta a la hora de contratar o de que concurren sucesos no previstos anula las ventajas de la ejecución inflexible de los términos contractuales.

²⁶⁷ La gobernanza permitiría modificar o editar transacciones consolidadas en el historial de transacciones del registro DLT. En principio, la posibilidad de recurrir a estos “puntos de intervención” quedaría reservada a los miembros de la comunidad de dicho registro DLT. En esta situación, la única posibilidad de los poderes públicos de intervenir en el historial de transacciones de un base de datos DLT vendría dada por que las autoridades puedan localizar y conminar a todos los nodos que gestionan dicho registro, pues en otro caso la edición parcial del historial de transacciones no conseguirá eliminar la información en los nodos no intervenidos.

Vid. RODRIGUES, U.R., “Law and the Blockchain”, *Iowa Law Review*, Vol. 104, (2019), pp. 714-717.

SZCZERBOWSKI ha propuesto una comparativa entre los costes de transacción presentes en el tradicional sistema contractual flexible o sistema de “contratos incompletos” y la contratación a través de *smart contracts*, que entrañaría un modo de contratar sin flexibilidad²⁶⁸. SZCZERBOWSKI concluye, al igual que LÓPEZ JIMÉNEZ²⁶⁹, que los *smart contracts* serán más eficientes en términos de costes de transacción que la contratación tradicional si estos se utilizan para articular relaciones contractuales que no revistan una gran complejidad²⁷⁰. Así, cuanto más elaborado sea el *smart contract*, habrá mayores costes de transacción relacionados con la auditoría del código, los riesgos de falta de adaptabilidad del *smart contract* ante la contingencia de situaciones no previstas y fallos en la programación. En definitiva, solamente a partir del caso concreto será posible determinar cuándo es eficiente la DLT desde la perspectiva de los costes de transacción.

Asimismo, cabe cuestionarse si el sistema de seguridad jurídica preventiva que el Estado pone a disposición de las partes no resulta más eficiente que estas tecnologías en el tratamiento de los costes de transacción²⁷¹. En este sentido, en lugar de reemplazar las instituciones jurídicas, la DLT podría utilizarse para mejorar los procesos de instituciones como el notariado, en la medida en que estas tecnologías mejorarían la distribución y seguridad de la información anotada.

Excepcionalmente, existen registros DLT que habilitan la edición del historial de transacciones por parte de las autoridades. En este caso, se utiliza el protocolo de consenso *Proof of Authority*. Vid. VILALTA NICUESA, cit., p. 160.

²⁶⁸ La comparativa se basa en la distinción de costes de transacción según del “ciclo de vida contractual”, esto es, el periodo que transcurre desde la etapa de formación del contrato hasta la fase de ejecución. Así, en cuanto a los costes originados por la búsqueda de contratos y el análisis de los riesgos que presenta la contratación, cabe presumir que los *smart contracts* reducen en cierta medida los costes de información o análisis en la medida en que la ejecución automatizada garantiza el cumplimiento de los contratos frente al riesgo de insolvencia. No obstante, sería necesario considerar los costes de auditoría de la programación del *smart contract*, pues en caso de utilizar un código sin auditar aumentarían drásticamente los costes de transacción relativos a la fase de ejecución, al ser inseguro el *smart contract*. Respecto de los costes de transacción con origen en la negociación y formalización de los contratos, SZCZERBOWSKI estima que serán más elevados que en la contratación tradicional debido al riesgo adicional que supone la posibilidad de que existan fallos en la programación y de la observación —acertada desde mi punto de vista— de que no es posible entender suprimidos los costes de transacción asociados a una eventual intervención judicial y a la incertidumbre que la pendencia de dicha decisión judicial implica. Hay que señalar que, a pesar de que la ejecución del contrato se encuentre automatizada, las partes no tienen vedado el acceso a la jurisdicción. SZCZERBOWSKI argumenta que, en el caso de la vigilancia, la reducción de los costes de transacción dependerá del caso concreto. En cuanto a la ejecución, según el estudio de SZCZERBOWSKI, los costes que implica compeler al deudor se reducirían en el caso de que se admitiese la intervención judicial en los *smart contracts* para reducir los gastos procesales relacionados con los medios de prueba; en cambio, de no admitirse la intervención de los tribunales, los costes de transacción de la ejecución serían correlativos a los fallos existentes en la programación de los *smart contracts*. Vid. SZCZERBOWSKI, J.J., “Transaction cost of blockchain smart contracts”, *Law and Forensic Science*, Vol. 16, N 2, (2018), pp. 2-3.

Efectivamente, SZCZERBOWSKI acierta al defender que el uso de los *smart contracts* no inhabilita la posibilidad de que las partes acudan a los tribunales, ya que lo contrario supondría una violación del Derecho Fundamental a la tutela judicial efectiva. No obstante, cabría oponer a estas consideraciones que los costes relativos a la ejecución ya estarían incluidos en los costes de transacción que se refieren a la decisión de articular la relación contractual a través de un *smart contract*, dado que el riesgo de pérdida de la prestación patrimonial debida tiene idénticas causas en ambas fases contractuales: la falta de adaptación a los acontecimientos no previstos y los errores de programación.

²⁶⁹ LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., *Banca digital y “Fintech”: Aspectos prácticos de protección de los derechos de los usuarios*, Aferré, Barcelona, 2019, p. 80.

²⁷⁰ SZCZERBOWSKI, cit., p. 3.

²⁷¹ LLOPIS BENLLOCH y FERNÁNDEZ-BRAVO FRANCÉS defienden en este sentido que el sistema de seguridad jurídica preventiva funciona. Vid. LLOPIS BENLLOCH, J.C., FERNÁNDEZ-BRAVO FRANCÉS, L., “Blockchain y el sistema de seguridad jurídica preventiva desde la perspectiva de la contratación notarial”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, 2020, pp. 535-536.

Por otra parte, si bien es cierto que uno de los objetivos de Bitcoin —y de otros proyectos DLT— es hacer desaparecer a los intermediarios financieros en virtud de la eliminación de los costes de transacción, conviene analizar el realismo de dicha pretensión habida cuenta de las funciones que las entidades de crédito desempeñan en el sistema financiero vigente²⁷². Tampoco cabe descartar que las propias entidades de crédito operen con criptomonedas.

Asimismo, la reducción de costes de transacción no constituye un beneficio que justifique por sí solo la adopción de estas tecnologías. De hecho, únicamente convendrá emplear estas tecnologías cuando: haya transacciones entre las partes; resulte necesario validar estas transacciones; los intermediarios actuales sean ineficientes, y se precise asegurar la integridad del sistema²⁷³. Asimismo, resultará necesario discernir si resulta más costoso implementar un sistema de estas características que mantener los métodos tradicionales.

c. Otros beneficios de las DLTs distintos de los costes de transacción

La DLT puede proporcionar a sus usuarios otras ventajas distintas de la reducción de costes de transacción. Así, el desarrollo de esta tecnología permitiría asignar a los consumidores en el entorno cibernético derechos de propiedad sobre los bienes y servicios digitales que adquieran²⁷⁴.

²⁷² En primer lugar, las entidades de crédito realizan una función de asignación que se ha descrito en los siguientes términos:

“Su función social consiste, precisamente, en haberse dado cuenta del desajuste o descoordinación existente (el prestamista inicial deseaba prestar su dinero, pero no encontraba a nadie solvente que estuviera dispuesto a recibirlo, mientras que la empresa Z necesitaba con urgencia obtener el préstamo un millón de u.m., sin que supiera dónde encontrar al prestamista adecuado)” (HUERTA DE SOTO, 1998, p. 141).

En segundo lugar, hay que tener en cuenta que las entidades de créditos no actúan como meras intermediarias cuando conceden crédito. Esto se debe a que estas entidades pueden disponer del porcentaje del dinero ingresado por el depositante que el coeficiente de caja aplicable no inmoviliza al tiempo que el depositante mantiene su crédito frente a la entidad intacto. En esta situación, la entidad de crédito crea dinero de la nada en tanto que el depositante mantiene la propiedad de las unidades monetarias que ha ingresado en la entidad de crédito y esta puede prestar el porcentaje del depósito no afectado por el coeficiente de caja a un tercer prestatario.

Vid. HUERTA DE SOTO, J., *Dinero, crédito bancario y ciclos económicos*, Unión Editorial, Madrid, 1998, pp. 139-150.

En definitiva, la función de las entidades de crédito va más allá del mero tratamiento de las asimetrías informativas existentes en la asignación de recursos financieros.

Conviene además señalar la importancia de la función de creación de dinero a través del crédito que desarrollan estas entidades para la política monetaria. La inescindible unión entre crédito y política monetaria se fundamenta en que esta última consiste sustancialmente en la regulación de la oferta monetaria de la economía, que viene principalmente determinada por la cantidad de crédito que se concede. Vid. Federal Reserve Bank of Chicago, *Modern Money Mechanics. A workbook on bank reserves and money expansion*, Public Information Center, Chicago, 1994, p. 5.

²⁷³ MORALES BARROSO, J., “¿Qué es Blockchain?”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, p. 61.

²⁷⁴ Hasta el momento, el consumidor accede a contenidos digitales a través de licencias de uso o términos contractuales que cercioran la posibilidad de adquirir plenos derechos de propiedad sobre el contenido digital. El problema radica en que las facultades que otorga la licencia de uso son mucho más limitadas que las que teóricamente el consumidor podría ejercer sobre el contenido digital si verdaderamente dispusiese de un derecho de propiedad sobre este. Por este motivo, el licenciatario no puede transmitir, donar o incorporar a su masa hereditaria el contenido digital al que tiene acceso en virtud de la licencia de uso. Vid. BOUCHER, P., NASCIMENTO, S., KRITIKOS, M., *Cómo puede cambiar nuestra vida la tecnología de la cadena de bloques. Análisis en profundidad*, Parlamento Europeo, Bruselas, 2017, p. 8.

Las DLTs permitirían crear una situación jurídica equivalente a la titularidad del derecho de propiedad sobre las copias físicas de un producto que adquiere un consumidor o a la adquisición de la obra original en el ámbito de los contenidos digitales. BOUCHER, et al., cit., p. 9.

La DLT también permite desarrollar aplicaciones que disponen de un enorme interés para empresas y creadores en el ámbito de la propiedad sobre contenidos digitales²⁷⁵.

Otros casos de aplicación de las DLTs vienen dados por el caso de las patentes, ya que el registro DLT puede proporcionar una “prueba de existencia” de la prioridad de la solicitud o concesión de una patente o modelo de utilidad²⁷⁶; de las cadenas de suministros de bienes y servicios; votación electrónica, y prestación de servicios públicos²⁷⁷.

No obstante, hay que decir que en estos sectores la aplicación de la DLT suscita numerosas dudas e incógnitas. En este sentido, si la “central de datos” de la que VILLAR PALASÍ ya se ocupó en 1978 ocasionó problemas jurídicos que han requerido una respuesta normativa expresa²⁷⁸, las aplicaciones de la nueva “central de datos distribuida” que se constituye en virtud de las DLTs suscitarán nuevos conflictos con los derechos de los ciudadanos e intereses públicos. La existencia de estas antinomias reclama una nueva intervención de los poderes públicos.

²⁷⁵ Ha de añadirse respecto de los contenidos digitales que, junto a la función de registro de la transferencia de la titularidad sobre un bien o derecho digital, la DLT permite automatizar determinadas consecuencias legales en caso de que determinados hechos tengan lugar. Por ejemplo, la DLT podría utilizarse para facilitar el cobro de los derechos de compensación de los autores. Así, en virtud de la automatización, podría prescindirse del complejo procedimiento de compensación por copia privada que el art. 25 de la Ley de Propiedad Intelectual desarrollado por el Real Decreto 1398/2018 establece y que constituye motivo de disputa entre los fabricantes obligados al pago de la compensación equitativa y las entidades de gestión de derechos de propiedad intelectual.

Vid. Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia (BOE núm. 97, de 22.04.1996) y el Real Decreto 1398/2018, de 23 de noviembre, por el que se desarrolla el artículo 25 del texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, en cuanto al sistema de compensación equitativa por copia privada (BOE núm. 298, de 11.12.2018).

²⁷⁶ La expresión designa a la posibilidad de vincular la titularidad de un documento determinado a un usuario de la red sin necesidad de desvelar su contenido con expresa indicación del momento en el que dicho título tuvo entrada en el registro.

No obstante, se ha de advertir que la prioridad de las patentes no puede venir dada por la publicación del *hash* de un documento en un registro DLT que permanece al margen de la actividad pública calificadora de las autoridades de la propiedad industrial. De hecho, la normativa nacional de patentes dictamina expresamente en su art. 24 que las fechas de las solicitudes de concesión de estos derechos se entenderán otorgadas desde su válida presentación en oficinas autorizadas, esto es, solo será eficaz la presentación de la solicitud de patente ante autoridades de la propiedad industrial. De ahí que la doctrina sugiera que la aplicación de las DLTs en materia de patentes requerirá que las oficinas de la propiedad industrial integren estas tecnologías en el procedimiento de concesión de patentes. En cualquier caso, la prueba de existencia tiene utilidad como fuente de prueba de la titularidad en un momento determinado de una información o documento concreto. Así, las DLTs servirían para probar la titularidad de una ventaja competitiva sin que la información perdiera su condición de secreto empresarial.

Vid. BOUCHER, cit., pp. 11-12, Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes (BOE núm. 177, de 25.07.2015) y Ley 1/2019, de 20 de febrero, de Secretos Empresariales (BOE núm. 45, de 21.02.2019). Esta ley define en su art. 1 el concepto legal de secreto empresarial como: “cualquier información o conocimiento, incluido el tecnológico, científico, industrial, comercial, organizativo o financiero, que reúna las siguientes condiciones:

- a) Ser secreto, en el sentido de que, en su conjunto o en la configuración y reunión precisas de sus componentes, no es generalmente conocido por las personas pertenecientes a los círculos en que normalmente se utilice el tipo de información o conocimiento en cuestión, ni fácilmente accesible para ellas;
- b) tener un valor empresarial, ya sea real o potencial, precisamente por ser secreto, y
- c) haber sido objeto de medidas razonables por parte de su titular para mantenerlo en secreto.”

²⁷⁷ BOUCHER, cit., pp. 16-18.

²⁷⁸ VILLAR PALASÍ, J.L., “Aspectos jurídicos y políticos de la telemática”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.), *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, pp. 695-709.

En definitiva, el registro *sui generis* que la DLT permite constituir aporta valor cuando desempeña eficazmente estas variadas funciones registrales que permiten el seguimiento y la transmisión de activos digitales. Estos usos son válidos en muchos campos, como el comercio electrónico, la titularidad de la propiedad intelectual, la integridad de las cadenas de suministro, etc. Asimismo, la DLT también aporta valor en múltiples sectores gracias a que permite el despliegue de *smart contracts* que automatizan ejecuciones de diverso tipo. No obstante, estas tecnologías no proporcionan valor en aquellos casos en los que su utilización resulta contraproducente. En consecuencia, el valor de las DLTs no es intrínseco ni resulta universal; resulta necesario analizar los casos en los que conviene hacer uso de estas tecnologías.

B. Riesgos y límites

a. Límites técnicos y problemas regulatorios.

En un plano general, podría decirse que la generalización de las tecnologías DLT se enfrenta a una serie de riesgos y límites. Para el observatorio y foro de la UE sobre *Blockchain*, las DLTs plantean una serie de retos de índole tecnológica²⁷⁹. En primer lugar, las redes DLT sufren dificultades para resultar escalables en condiciones de seguridad. La escalabilidad se refiere a la capacidad de procesamiento de grandes volúmenes de transacciones a una alta velocidad. El llamado *trilemma* de la escalabilidad consiste en que, conforme más seguro y descentralizado es el registro, menos transacciones u operaciones puede procesar en un espacio de tiempo²⁸⁰.

En segundo lugar, la información que contienen los registros DLT no es interoperable por defecto. La interoperabilidad alude a la portabilidad de la información de un registro DLT con otras bases de datos²⁸¹. Actualmente, la conexión entre redes DLT requiere el uso de estructuras técnicas adicionales²⁸².

En tercer lugar, según cierto sector doctrinal, la sostenibilidad de las redes DLT también suscita incógnitas. La sostenibilidad puede hacer referencia a los problemas climáticos que causaría indirectamente el protocolo de consenso de prueba de trabajo, debido a la posibilidad de que parte de la electricidad que se utiliza para mantener en funcionamiento los equipos provenga de energías primarias contaminantes. El análisis de la sostenibilidad también sugiere que el registro DLT puede encontrarse con problemas de viabilidad en el largo plazo, especialmente si el protocolo de consenso no viene acompañado de una estructura de gobernanza adecuada²⁸³.

²⁷⁹ GERVAIS, A., “Scalability, interoperability and sustainability of blockchain”, 2019, p. 5., disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/reports> (última consulta 28/03/2019).

²⁸⁰ GERVAIS, cit., p. 11.

²⁸¹ GONZÁLEZ OTERO señala que no existe una definición que comprenda todos los aspectos de la interoperabilidad. Esto se debe a que el intercambio efectivo de información requiere la sinergia de elementos técnicos, humanos, institucionales, etc. GONZÁLEZ OTERO, B., “Interoperabilidad, internet de las cosas...”, pp. 29-35.

En el ámbito tecnológico, de acuerdo con Reglamento (UE) 2022/1925 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de septiembre de 2022 sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital y por el que se modifican las Directivas (UE) 2019/1937 y (UE) 2020/1828 (Reglamento de Mercados Digitales) (L 265/1, 12.10.2022), el concepto alude a una suerte de compatibilidad cualificada entre los contenidos digitales y sistemas informáticos, en tanto que esta consiste en: “La capacidad de intercambiar información y utilizar mutuamente la información que se ha intercambiado mediante interfaces u otras soluciones, de manera que todos los elementos de *hardware* o *software* funcionen con *hardware* y *software* distintos y con los usuarios de todas las maneras en que deben funcionar;” (art. 2, definición 29). No obstante, GONZÁLEZ OTERO destaca cómo la compatibilidad solo será interoperabilidad en la medida en que esta se base en estándares abiertos, y no en decisiones empresariales particulares. GONZÁLEZ OTERO, “Interoperabilidad, internet de las cosas...” cit., pp. 36-37.

²⁸² GERVAIS, cit., p.11.

²⁸³ GERVAIS, cit., p.12-13.

Desde una perspectiva regulatoria, el problema de la incompatibilidad de la DLT con la privacidad y el cumplimiento de la normativa de protección de datos²⁸⁴ requiere una mención especial. Esto se debe a que, en particular, las redes públicas no permissionadas, no cumplen los presupuestos de los que parte aquella normativa. Estas incompatibilidades se presentan esencialmente en redes públicas no permissionadas porque en estas no existe una entidad que asuma la responsabilidad del proyecto²⁸⁵, si bien es cierto que suelen disponer de una organización que aglutina a sus principales desarrolladores. En cambio, en las redes privadas y permissionadas sí es viable imputar a un responsable la obligación de asegurar que el registro distribuido cumpla con las previsiones del Reglamento General de Protección de Datos Personales (RGPD, en adelante), por lo que la resolución de los problemas que presenta la DLT para con la normativa de protección de datos es más sencilla²⁸⁶.

En cualquier caso, el tratamiento de los riesgos y la resolución de las incompatibilidades que las DLTs plantean depende de las concretas características de cada aplicación o proyecto que utilice estas tecnologías. En este sentido, la compatibilidad de las DLTs con las previsiones vigentes del ordenamiento jurídico sería una cuestión de grado, porque no son las tecnologías en sí sino su desarrollo concreto el origen de los incumplimientos regulatorios²⁸⁷.

²⁸⁴ En particular, de las disposiciones del RGPD y LOPDGDD.

²⁸⁵ Así, las redes DLT públicas no permissionadas carecen, a priori, de una entidad a la que imputar la condición de responsable o encargado del tratamiento. De este modo, no cabe exigir a ningún sujeto el cumplimiento de las prescripciones de la normativa de protección de datos. Lo anterior imposibilita el ejercicio de los derechos que la normativa confiere a los interesados o personas físicas identificadas o identificables, particularmente cabe destacar la dificultad de garantizar el ejercicio del derecho de supresión o “derecho al olvido”. Vid. LYONS, T., COURCELAS, L., TIMSIT, K., “Blockchain and the GDPR”, 2018, p. 5., disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/reports> (última consulta 30/03/2019).

Asimismo, cabe recordar que estos problemas no se eluden mediante la consideración de que la normativa de protección de datos personales no resulta aplicable a los registros DLT, ya que los datos personales que se introducen en el historial de transacciones no experimentan un proceso de anonimización propiamente. Una solución que barajan las autoridades para este problema consiste en la asignación de la cualidad de responsable a todos los participantes de la red distribuida en quienes no concurra las circunstancias que determinan la no sujeción al RGPD como obligados. En este sentido, vid. Commission Nationale Informatique & Libertés, “Premiers éléments d’analyse de la CNIL: Blockchain”, 2018, pp. 1-3. disponible en https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/la_blockchain.pdf (última consulta el 16.05.2019) y el art. 2, apartado 2, del RGPD “Ámbito de aplicación material”:

“El presente Reglamento no se aplica al tratamiento de datos personales

a) en el ejercicio de una actividad no comprendida en el ámbito de aplicación del Derecho de la Unión;
b) por parte de los Estados miembros cuando lleven a cabo actividades comprendidas en el ámbito de aplicación del capítulo 2 del título V del TUE;
c) efectuado por una persona física en el ejercicio de actividades exclusivamente personales o domésticas;
d) por parte de las autoridades competentes con fines de prevención, investigación, detección o enjuiciamiento de infracciones penales, o de ejecución de sanciones penales, incluida la de protección frente a amenazas a la seguridad pública y su prevención”.

Concretamente, todos los sujetos que remitan transacciones a la red distribuida serían considerados responsables del cumplimiento de la normativa de protección de datos. No obstante, cabe destacar que la plena eficacia de esta disposición solo quedaría garantizada en el supuesto de que una jurisdicción tuviera la capacidad de intervenir sobre todos los nodos que hipotéticamente podrían pertenecer a dicho registro, pues si no se actúa sobre la totalidad de los nodos el registro continuará inalterable. VILLAR PALASÍ ya enunció este problema cuando afirmó que no basta con suprimir el acceso a un usuario, porque este podrá volver a actuar, gracias a la arquitectura descentralizada de internet, desde otro lugar o a partir de un *proxy*. Vid. VILLAR PALASÍ, J.L., “Nombres de dominio y protocolo de Internet”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.), *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, p. 667.

Otra opción que plantea la autoridad de protección de datos francesa es considerar que los mineros y los desarrolladores de *smart contracts* son encargados del tratamiento, solución que resulta criticable en la medida en que estos sujetos no tienen por qué actuar por cuenta de un responsable del tratamiento. Vid. Commission Nationale Informatique & Libertés, cit., pp. 4-5.

²⁸⁶ LYONS, COURCELAS, TIMSIT, cit., pp. 17-18.

²⁸⁷ LYONS, COURCELAS, TIMSIT, cit., p. 16.

b. Problemas de seguridad.

La utilización de registros DLT también se enfrenta a problemas de seguridad. En particular, a la existencia de fallos en la programación de los *smart contracts*²⁸⁸. El riesgo que representan los *smart contracts* se agrava ante la resistencia de un sector de la comunidad DLT a modificar los historiales de transacciones que contienen estos *bugs* o fallos de programación. Esta actitud persiste por una interpretación extrema del lema *Code is Law*²⁸⁹, o “el código es la ley”, máxima que implica la imposibilidad de modificar el historial de transacciones incluso en supuestos en los que un atacante ha logrado explotar las vulnerabilidades de los *smart contracts* y grabar los resultados de su acción en el registro distribuido²⁹⁰.

La necesidad en algunos casos de proporcionar a los *smart contracts* información externa a la red también puede dar lugar a una vulnerabilidad consistente en que la información que suministren terceros llamados oráculos no resulte fidedigna. En este sentido, hay que tener en cuenta la necesidad de disponer de oráculos o terceras partes que confirmen el acaecimiento o no de las condiciones que desencadenan la ejecución automatizada de las acciones programadas²⁹¹. Por lo tanto, resulta capital asegurar la imparcialidad de los intermediarios de la DLT en garantía de los intereses de los usuarios del registro distribuido²⁹².

Asimismo, se ha de recordar la posibilidad de que se produzca un ataque del 51%, especialmente en redes DLT en las que unos pocos grupos o *pools* de minería concentran el minado de los bloques o edición del historial de transacciones²⁹³. No obstante, en la práctica, un problema de mucho mayor calado viene dado por el robo de las claves criptográficas privadas de los usuarios, de tal manera que el saldo de las cuentas generadas con dicha clave queda bajo el control del atacante. También puede ocurrir que sean los propios de usuarios o los administradores de los monederos los que pierdan las claves privadas, pérdida que equivale al extravío definitivo de los fondos de las cuentas generadas con dicha clave²⁹⁴.

Por otro lado, se ha de recordar que el tratamiento de estos riesgos a través del diseño del protocolo de consenso tiene lugar a expensas de la eficiencia de la red, esto es, mediante la reducción de su escalabilidad y de un mayor gasto energético en el caso de la prueba de trabajo. Por lo tanto, en sentido contrario, la implementación de incrementos de escalabilidad o de eficiencia pueden menoscabar la seguridad de la red. En este sentido, el protocolo de consenso que utiliza la prueba de trabajo o *proof of work* es ineficiente porque obliga a los mineros a desplegar un trabajo

²⁸⁸ SANTHANA, P., BISWAS, A., “Blockchain risk management Risk functions need to play an active role in shaping blockchain strategy”, 2017, p. 3., disponible en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/risk/us-risk-blockchain-risk-management.pdf> (última consulta 30.03.2019).

²⁸⁹ Vid. Xataka, “The DAO y el caso del robo de los 50 millones de dólares en Ethereum (Insert Coin 1x01)”, 2017, disponible en <https://www.xataka.com/seguridad/the-dao-y-el-caso-del-robo-de-los-50-millones-de-dolares-en-ethereum-insert-coin-1x01> (última consulta 30.03.2019).

²⁹⁰ La negativa de un sector de la comunidad de Ethereum en modificar el historial de transacciones del registro, lo cual suponía admitir que la inmutabilidad de la cadena de bloques no es tal, dio lugar a una bifurcación. Así, por un lado, permanecería la cadena de bloques principal con las modificaciones acordadas con el nombre de Ethereum, mientras que el sector minoritario seguiría la cadena de bloques resultante del ataque sin modificar bajo la denominación de Ethereum Classic.

²⁹¹ MÉNDEZ GONZÁLEZ, “Smart Contracts, Blockchain and Land Registry”, 2018, pp. 12-13, disponible en <https://www.elra.eu/wp-content/uploads/2018/12/Smart-Contracts-Blockchain-and-Land-Registry-by-F-Mendez.pdf> (última consulta el 31.08.2020).

²⁹² MÉNDEZ GONZÁLEZ, cit, p. 16.

²⁹³ BARBER, BOYEN, SHI, UZUN, cit., pp. 405-406.

²⁹⁴ BARBER, BOYEN, SHI, UZUN, cit., pp. 407-409.

computacional innecesario para la confección del historial de transacciones²⁹⁵. No obstante, la prueba de trabajo es el protocolo de consenso más extendido debido a que la imposición de la necesidad de aportar trabajo computacional para añadir bloques al historial de transacciones persigue proporcionar seguridad en las redes DLT públicas y no permissionadas frente a los ataques de mineros maliciosos²⁹⁶.

En este sentido, determinados proyectos DLT que han pretendido mejorar la escalabilidad y eficiencia de Bitcoin mediante la flexibilización del protocolo de consenso han sufrido problemas de seguridad²⁹⁷.

Otra cuestión muy importante para la seguridad reside en el alineamiento de intereses de los mineros o validadores del historial de transacciones con los usuarios de la red. En este sentido, MÉNDEZ GONZÁLEZ entiende que los problemas de seguridad de la red Bitcoin Cash se deben a que algunos mineros antepusieron su interés a cobrar más comisiones a la seguridad de este registro DLT²⁹⁸.

Por otro lado, algunos autores apuntan a que las redes DLT no disponen de mecanismos adecuados para tratar los riesgos de los que adolecen. Esto se debe a que el protocolo de consenso, entendido como acuerdo sobre el estado del registro que tiene lugar entre los nodos que conforman la red, recae sobre unos extremos muy concretos, fundamentalmente referidos a la validación, el orden de las transacciones y la adición de los bloques²⁹⁹. Se defiende, en definitiva, la posibilidad de que la coordinación de la red a través de mecanismos de gobernanza complementa la función de seguridad que desarrolla el protocolo de consenso³⁰⁰.

En cualquier caso, se recalca la importancia del papel del sistema de incentivos para asegurar el recto comportamiento de los intermediarios y de los usuarios de la comunidad³⁰¹. Por su parte, el legislador debería fomentar la adopción de mecanismos de gobernanza sólidos por parte de las

²⁹⁵ El esfuerzo computacional va dirigido a la resolución del problema matemático en que consiste la prueba de trabajo. El hallazgo de la incógnita implica un consumo energético equivalente al de naciones desarrolladas y carece de una función distinta de la de seleccionar al minero con derecho a añadir un bloque al historial de transacciones.

²⁹⁶ En concreto, cabe destacar que la prueba de trabajo previene en estas redes los *sybil attacks*, esto es, ataques que consisten en que un pequeño número de mineros maliciosos aparentan pertenecer a un grupo mucho mayor a los efectos de alcanzar la mayoría de los votos de la red y así poder manipularla. La prueba de trabajo hace perder la efectividad a dicho ataque porque el elemento decisivo a la hora de añadir bloques al historial de transacciones no es el aparente número de mineros que votan, sino el poder computacional que se invierte en la red. Vid. ABADI, J., BRUNNERMEIER, M., “Blockchain Economics”, *NBER Working Paper Series*, N 25407, (2018), p. 8.

²⁹⁷ Las bifurcaciones de criptomonedas existentes y otros nuevos proyectos han creado problemas de seguridad que no tenían lugar en la red canónica de Bitcoin. Así, la escisión de Bitcoin, Bitcoin Cash, presenta una nueva vulnerabilidad, distinta del ataque del 51%, que no se encuentra en la red original y que facilita la ocurrencia de ataques de dobles gastos. Esto se debe a que, según el protocolo de Bitcoin, si un minero detecta que en la memoria de transacciones no confirmadas existen dos transacciones contradictorias, siempre se incluye en el bloque la transacción anterior en el tiempo. No obstante, Bitcoin Cash ha roto esa regla, puesto que permite que, ante la presencia de una transacción que contradice otra anterior, el minero incluya la transacción posterior en lugar de la anterior. Para agravar la situación, los mineros no maliciosos tienen incentivos económicos para incluir las transacciones fraudulentas en la cadena de bloques si estas están dotadas con más comisiones que las auténticas. Vid. ROJO RIVAS, cit., pp. 199-200.

²⁹⁸ MÉNDEZ GONZÁLEZ, cit., pp. 10-11.

²⁹⁹ MÉNDEZ GONZÁLEZ, cit., p. 15.

³⁰⁰ En el caso de que acontezca una bifurcación, ciertamente el protocolo de Bitcoin prevé que los nodos deberán adherirse a la cadena más larga. No obstante, si la regla de consenso no contempla el ataque o el mecanismo de defensa resulta superado por los atacantes, la comunidad honesta del registro distribuido queda sin capacidad de reacción frente a la situación debido a la ausencia de un mecanismo de gobernanza que concierte la actuación de los nodos

³⁰¹ QUINIOU, cit., pp. 32-33.

redes DLT y establecer garantías que impidan que los intermediarios defrauden los intereses de los usuarios de los registros distribuidos³⁰².

c. Riesgos para el interés público

Las aplicaciones de las DLTs, en particular, las criptomonedas o monedas virtuales despiertan preocupación entre las autoridades. Principalmente, por su utilización para el blanqueo de capitales y la financiación del terrorismo, así como para el fraude fiscal.

Respecto al primer ámbito, se ha reaccionado normativamente por parte de la UE con la publicación de la Directiva 2018/843³⁰³, que extiende las obligaciones de diligencia debida y de registro a determinados intermediarios que prestan servicios en el ámbito de las monedas virtuales. Los intermediarios obligados según la Directiva son los proveedores de servicios de cambio de monedas virtuales por monedas fiduciarias y los proveedores de servicios de custodia de monederos electrónicos. Sin embargo, resulta preciso aclarar que estas medidas de prevención del blanqueo de capitales no tendrán eficacia frente a aquellos intermediarios o proveedores de servicios de cambio y custodia que se encuentren fuera del radio de acción de las autoridades ni frente a aquellas transacciones que tengan lugar directamente entre usuarios sin la intervención de los intermediarios obligados por la normativa³⁰⁴. Por otro lado, cabe resaltar que, con carácter previo a la identificación de los nuevos sujetos obligados, la Directiva que reforma el régimen jurídico de la prevención del blanqueo de capitales define por primera vez, con efectos normativos, los términos de “monedas virtuales” o criptomonedas y de “proveedor de servicios de custodia de monederos electrónicos”³⁰⁵.

Por otro lado, la escasa aceptación de las criptomonedas y criptoactivos entre el público ha llevado en múltiples ocasiones a las autoridades a descartar que estas aplicaciones financieras de la DLT constituyan una amenaza para la eficacia de la política monetaria y la estabilidad financiera³⁰⁶. Sin embargo, la inequívoca tendencia ascendente de su capitalización en el mercado y la creciente aceptación de las criptomonedas como medio de pago por parte del sector privado³⁰⁷ ha llevado a las autoridades europeas a encuadrarlas en un marco jurídico *ad hoc*. Este proyectado régimen jurídico, lejos de constituir una regulación incentivadora, se encuentra claramente orientado a limitar su crecimiento³⁰⁸.

³⁰² Estas medidas presuponen cierta *colaboración* entre los registros DLT y las autoridades, como posteriormente se explicará.

³⁰³ Directiva (UE) 2018/843 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva (UE) 2015/849 relativa a la prevención de la utilización del sistema financiero para el blanqueo de capitales o la financiación del terrorismo, y por la que se modifican las Directivas 2009/138/CE y 2013/36/UE (DOUE L 156/43, de 19.6.2018).

³⁰⁴ PÉREZ LÓPEZ, cit., p. 32.

³⁰⁵ Artículo 1, apartado 2º, letra d):

“monedas virtuales”: representación digital de valor no emitida ni garantizada por un banco central ni por una autoridad pública, no necesariamente asociada a una moneda establecida legalmente, que no posee el estatuto jurídico de moneda o dinero, pero aceptada por personas físicas o jurídicas como medio de cambio y que puede transferirse, almacenarse y negociarse por medios electrónicos;

“proveedor de servicios de custodia de monederos electrónicos”: una entidad que presta servicios de salvaguardia de claves criptográficas privadas en nombre de sus clientes, para la tenencia, el almacenamiento y la transferencia de monedas virtuales.»

³⁰⁶ Para muestra, vid. ECB Crypto-Assets Task Force, “Crypto-Assets: Implications for financial stability, monetary policy, and payments and market infrastructures”, *Occasional Paper Series*, N 223, (2019), pp. 21-23.

³⁰⁷ Forbes, “Así es como Tesla aceptaría comprar vehículos con Bitcoin”, 2021, disponible en <https://forbes.co/2021/02/09/economia-y-finanzas/asi-es-como-tesla-aceptaria-comprar-vehiculos-con-bitcoin/> (última consulta el 06.10.2021).

³⁰⁸ Las implicaciones de las criptomonedas en la política monetaria se analizarán más adelante. Por el momento, únicamente se destaca que la Propuesta de Reglamento MiCA responde a la evidente repercusión de las monedas virtuales en la política monetaria de la Eurozona.

Asimismo, las criptomonedas o monedas virtuales también causan problemas en el ámbito tributario y contable. En concreto, la falta de una regulación tributaria y contable específica que delimite los contornos jurídicos de las criptomonedas o monedas virtuales ocasiona problemas de calificación jurídica que dan lugar a inconsistencias conceptuales y a tratamientos fiscales y contables que no resultan acordes con la naturaleza jurídica y económica de las monedas virtuales³⁰⁹. Por otro lado, los esfuerzos de la doctrina especializada, autoridades y tribunales se ha centrado en la tributación y contabilización de las operaciones de compraventa y cambio de criptomonedas³¹⁰, motivo por el que subsiste incertidumbre respecto del tratamiento de las criptomonedas como medio de cambio en la economía real.

En este sentido, las definiciones que la Directiva 2018/843 realiza respecto de las monedas virtuales y los proveedores de servicios de custodia de monederos electrónicos no resuelven ni las dudas fiscales y contables que suscita la tributación y contabilización de las criptomonedas en particular y de las DLTs en general ni la inadecuación del marco tributario y contable vigente para el tratamiento de la “criptoeconomía”³¹¹. Tampoco la Propuesta de Reglamento MiCA

³⁰⁹ En un primer momento, las autoridades tributarias españolas asimilaron a Bitcoin con el dinero electrónico, que es una representación del dinero de curso legal, en clara contradicción con el criterio del TJUE que equiparaba conceptualmente a las criptomonedas o monedas virtuales con las divisas extranjeras. Vid. PÉREZ LÓPEZ, cit., p. 14.

No obstante, la asunción del criterio del TJUE tampoco ha disipado las dudas que suscita el tratamiento contable y fiscal de las criptomonedas, tratamiento que varía significativamente según la función económica que desempeña en la empresa y que resulta manifiestamente inadecuado en el caso de que la moneda virtual se utilice como medio de cambio.

³¹⁰ PEDREIRA MENÉNDEZ, J., ÁLVAREZ PÉREZ, M.B., “Consideraciones sobre la tributación y la calificación contable de las operaciones con moneda digital (Bitcoins) en las empresas”, *Quincena Fiscal*, N 3, (2018), pp. 19-24 (de la base de datos Aranzadi Instituciones).

³¹¹ Tras el pronunciamiento del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas (ICAC, en adelante), de 5 de marzo de 2014, consulta no publicada en el Boletín del ICAC o BOICAC, relativo a la consulta planteada acerca del tratamiento contable de los Bitcoins o monedas virtuales se han establecido dos posibles calificaciones contables de las criptomonedas en función de si estas están destinadas a convertirse en disponibilidad financiera (dinero en caja) a partir de su venta en el marco de la actividad ordinaria de la empresa o no. En el primer supuesto, las criptomonedas deberán calificarse como existencias, pero en el segundo las criptodivisas se registrarán como inmovilizado intangible siempre que se cumplan las condiciones que marca la Norma de Valoración quinta del PGC. En definitiva, salvo en el caso de que la criptomoneda constituya el objeto de la actividad habitual de la empresa, estos activos digitales deberán calificarse como un activo inmovilizado intangible. En consecuencia, las transacciones que las empresas realicen con criptomonedas, ya sea para adquirir dinero de curso legal, bienes, servicios u otras criptomonedas, deberán calificarse contablemente como permutas financieras. No obstante, para añadir más complicaciones, se ha señalado la posibilidad de que el criterio del ICAC haya quedado desfasado con motivo de la reforma del concepto de inmovilizado intangible por parte del Real Decreto 602/2016, de 2 de diciembre, por el que se modifican el Plan General de Contabilidad aprobado por el Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre; el Plan General de Contabilidad de Pequeñas y Medianas Empresas aprobado por el Real Decreto 1515/2007, de 16 de noviembre; las Normas para la Formulación de Cuentas Anuales Consolidadas aprobadas por el Real Decreto 1159/2010, de 17 de septiembre; y las Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad a las entidades sin fines lucrativos aprobadas por el Real Decreto 1491/2011, de 24 de octubre (BOE núm. 304, de 17.12.2016). Vid. WANDEN-BERGHE, FERNÁNDEZ DAZA, cit., pp. 272-273, PEDREIRA MENÉNDEZ, ÁLVAREZ PÉREZ, cit., pp. 6-7 y PARRONDO TORT, L., “Contabilización de las criptomonedas como medio de pago en la compraventa de bienes o servicios”, 2018, p. 12, disponible en https://accid.org/wp-content/uploads/2018/10/Contabilizar__criptomonedas_-_com_fcformatv-1.pdf (última consulta, el 14.09.2020).

No obstante, el ICAC ha refrendado esta doble calificación contable de las criptomonedas como existencia e inmovilizado intangible en su consulta sobre el tratamiento contable de la emisión de criptomoneda publicada en el BOICAC N 120/2019. Vid., además, EGEA PÉREZ-CARASA, I., “Tratamiento contable de las criptodivisas y su impacto en el impuesto sobre sociedades”, *Cuadernos de Derecho y Comercio*, N 74, (2020), pp. 112-113.

provee un marco jurídico que permita solucionar este extremo. En cualquier caso, estos pronunciamientos resultan de utilidad para aclarar la naturaleza jurídica de las criptomonedas y criptoactivos frente a otras figuras que pueden confundirse con estos, como sería el caso del dinero electrónico.

Otro problema que afecta tanto a la recaudación tributaria como a la prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo versa sobre la dificultad que tienen las autoridades tributarias y de prevención del blanqueo y financiación del terrorismo para rastrear las operaciones que se realizan en un registro DLT público no permissionado con la finalidad de identificar a los sujetos pasivos generadores de hechos impositivos y las operaciones que puedan entrañar blanqueo de capitales y financiación del terrorismo³¹². Hay que decir que, en la mayoría

La ausencia de un marco contable adecuado también imposibilita incluir las criptomonedas en categorías contables que resultarían mucho más coherentes con su naturaleza económica. Así, se ha descartado la posibilidad de que las criptomonedas se acomoden a la definición contable de efectivo, instrumento financiero considerable efectivo o equivalente al efectivo porque las criptomonedas están sometidas a fuertes oscilaciones de valor. Vid. PEDREIRA MENÉNDEZ, ÁLVAREZ PÉREZ, cit., pp. 8-9. No obstante, las llamadas *stablecoins* o monedas virtuales sí podrían encajar en estas categorías debido a la pretendida estabilidad de su valor y al hecho de que con frecuencia constituyen obligaciones de emisores identificables. Vid. PEDREIRA MENÉNDEZ, ÁLVAREZ PÉREZ, cit., pp. 9-10.

En cuanto a los problemas que se suscitan en la tributación de las criptomonedas, entre otros, se indicará la dificultad existente para proceder a la cuantificación y pago de las cuotas tributarias y la existencia de una doble tratamiento jurídico-tributario. Existe un problema en la valoración de la deuda tributaria a los efectos de efectuar la correspondiente liquidación de impuestos. Este inconveniente se manifiesta con especial intensidad en los casos en los que los particulares pretenden utilizar las criptomonedas como medio de cambio para adquirir bienes y servicios, puesto que en dicho caso se verán obligados con cada transacción a determinar las alteraciones del valor de su patrimonio con ocasión de cada pago. Y es que, ante la falta de tratamiento regulatorio concreto, las administraciones tributarias de un gran número de jurisdicciones se han inclinado por aplicar a las criptomonedas, con independencia de la finalidad para la que se utilicen, el tratamiento tributario de las inversiones en *commodities* o activos que constituyen propiedades. En España, la consideración de la criptomoneda como propiedad —con la consiguiente aplicación del régimen tributario de las ganancias patrimoniales a cada transacción— acontecería en la tributación directa de los contribuyentes, mientras que en sede de tributación indirecta la criptodivisa se considera un medio de pago, de acuerdo con la jurisprudencia del TJUE. En sede de tributación directa, la interpretación de las criptomonedas como propiedad resulta adecuada para su adquisición con una finalidad de inversión, pero también imposibilita su uso como medio de pago en las operaciones de consumo corriente o de escasa cuantía. Vid. GRACIA ESPINAR, E., VIÑAS RUEDA L., “Fiscalidad y Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, p. 304, VILARROIG MOYA, R., “Tributación de criptomonedas”, *Balance: Revista de Economía*, N 26, (2018), p. 26, VILARROIG MOYA, R., “Regulación y tributación de las criptomonedas en Japón”, *Quincena Fiscal*, N 6, (2020), p. 5 y 26 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones), VILARROIG MOYA, R., “Criptomonedas y otras clases de tokens: aspectos tributarios”, en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 230.

Asimismo, la generación de muchos hechos impositivos relacionados con las criptomonedas puede provocar dificultades de calificación jurídica, como la obtención de rendimientos por parte de los mineros.

Todos estos problemas contables y tributarios se manifiestan con ocasión de las criptomonedas. No obstante, hay que tener en cuenta que el impacto de la DLT en la economía puede ser mucho mayor.

³¹² La imposición de obligaciones de diligencia debida a los sujetos que intervienen en las operaciones de canje de criptomonedas por dinero fiduciario y viceversa constituye una de las principales medidas para controlar las operaciones en registros DLT públicos y no permissionados.

Al margen de esta perspectiva preventiva, se ha de destacar que la DLT también representa una oportunidad para mejorar la eficacia de la recaudación de tributos. Esto se debe a que, en general, las autoridades pueden mejorar los procedimientos de aplicación de los tributos mediante la incorporación de innovaciones tecnológicas. Las mejoras redundan en la reducción de los costes que el contribuyente debe asumir como consecuencia de su intervención en los procedimientos tributarios. Vid. OECD, *Technologies for Better Tax Administration: A Practical Guide for Revenue Bodies*, OECD Publishing, Paris, 2016, p. 13.

Concretamente, se plantea que las administraciones tributarias dispongan de bases de datos con información a tiempo real sobre las bases impositivas, que permitan el cálculo automatizado de las cuotas a ingresar y

de estas redes DLT, las autoridades mantienen la posibilidad de monitorizar las transacciones que realizan los usuarios del registro y, por tanto, de descubrir su verdadera identidad³¹³. Esto se debe a que estos registros no proporcionan un verdadero anonimato para las partes, sino únicamente la posibilidad de utilizar un seudónimo en lugar de un nombre al que se asocie una identidad real. En definitiva, en la medida en que resulte posible vincular las direcciones de los usuarios del registro distribuido con identidades reales a partir de la monitorización de las transacciones, no podrá considerarse que la red DLT en cuestión provea un auténtico anonimato a sus miembros, circunstancia que tendrá consecuencias desde la perspectiva de la normativa de protección de datos.

No obstante, un registro DLT puede diseñarse específicamente con el propósito de proteger la identidad de sus usuarios frente al rastreo que lleven a cabo terceros, esto es, determinados proyectos DLT sí garantizan el anonimato de sus usuarios frente a los intentos de terceros de desvelar su identidad real. Este es el caso de criptomonedas o monedas virtuales como Monero, la cual utiliza una técnica criptográfica conocida como *Ring Confidential Transactions* para encriptar determinada información relativa a las transacciones, como, por ejemplo, su origen y destino³¹⁴.

Por otro lado, cabe destacar que no existe una única técnica criptográfica para conseguir el fin de ocultar a los terceros los datos relevantes de una transacción. Así, la red Zcash utiliza la llamada prueba de conocimiento cero para desvincular la unidad monetaria de la transacción que la transmite; la unidad monetaria se transfiere en formato encriptado y tan solo puede ser descifrada por el destinatario de la transacción³¹⁵.

En definitiva, criptomonedas como Monero y Zcash representan un serio riesgo para la prevención del blanqueo de capitales, la financiación del terrorismo y el fraude fiscal, debido a que para los criminales constituyen un medio que les proporciona anonimato en sus transacciones. Es cierto que la existencia de gobiernos totalitarios y el deseo de proteger la privacidad podría legitimar el uso de este tipo de registros DLT. No obstante, la pretensión de lograr la inmunidad frente a la acción de los poderes públicos no resulta sostenible en un contexto democrático en el

satisfagan las necesidades del contribuyente. Cabe plantear el desarrollo de dichas bases de datos de información fiscal sobre un registro DLT. Vid. OECD, cit., p. 29.

³¹³ La Autoridad Bancaria Europea (EBA, por sus siglas en inglés, en adelante) defiende que la prevención del blanqueo de capitales y la financiación del terrorismo requiere una regulación de los servicios que se prestan a través de esta tecnología. Así, la autoridad bancaria pretende situar a los prestadores de servicios de finanzas descentralizadas en un nivel regulatorio equiparable al de los operadores financieros tradicionales. En consecuencia, la EBA propuso imponer a los operadores de la criptoconomía requerimientos de gobierno, de segregación de activos propios y ajenos, de capital y obligar a la creación de personas jurídicas a las que responsabilizar del cumplimiento de la normativa, entre otras medidas. En una gran parte, la Propuesta de Reglamento MiCA aplica los criterios de la EBA en lo que se refiere a la regulación de los servicios financieros descentralizados.

Vid. EBA, “EBA opinion on virtual currencies”, 2014, p. 5, disponible en <https://eba.europa.eu/sites/default/documents/files/documents/10180/657547/81409b94-4222-45d7-ba3b-7deb5863ab57/EBA-Op-2014-08%20Opinion%20on%20Virtual%20Currencies.pdf?retry=1> (última consulta, el 13.05.2020).

³¹⁴ Por otro lado, Monero cuenta con un protocolo de consenso que instaura un registro distribuido plenamente descentralizado y resistente a fallas bizantinas (*Fault Tolerance Byzantine*), esto es, capaz de resistir el ataque perpetrado contra el registro distribuido siempre que la agresión no supere las condiciones en las que el protocolo de consenso es seguro. Con esta solución, Monero consigue que los nodos de la red, excepto el destinatario de la transacción, no puedan acceder a determinada información acerca de las transacciones, aunque sí autenticar y asegurar su integridad.

Vid. NOETHER, S., MCKENZIE, A., The Monero Research Lab, “Ring Confidential Transaction”, *Ledger*, Vol. 1, (2016), p. 3.

³¹⁵ HOPWOOD, D. BOWE, S., HORNBY, T., WILCOX, N., “Zcash protocol specification, 2018”, 2018, p. 5, disponible en <https://whitepaperdatabase.com/zcash-zec-whitepaper/> (última consulta, el 22.01.2020).

que existan garantías para defender la privacidad de los ciudadanos y la investigación pública se limita a la lucha contra el blanqueo de capitales, la financiación del terrorismo y el fraude fiscal.

d. Riesgos para los derechos de consumidores y usuarios

La incorporación de los *smart contracts* a las relaciones de consumo podría imposibilitar el ejercicio de derechos que la normativa reconoce a consumidores y usuarios.

Para evitar esta situación, TUR FAÚNDEZ señala que los *smarts contracts* deben respetar los principios básicos de la regulación de la contratación electrónica, consagrados en primer lugar en la Ley Modelo de la CNUDMI sobre Comercio Electrónico³¹⁶ e incorporados a nuestra normativa interna a través de la Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico³¹⁷ (LSSICE, en adelante) que transpuso la correspondiente Directiva de la UE³¹⁸. La LSSICE regula los requisitos del procedimiento de contratación electrónica. Esta regulación resultará aplicable a los sujetos que desplieguen *smart contracts* para contratar con terceros³¹⁹. Además, también habrá necesidad de aplicar la regulación de las condiciones generales de la contratación —Ley 7/1998, de 13 de abril, sobre Condiciones Generales de la Contratación³²⁰— y la legislación tuitiva de los consumidores y usuarios —contenida con carácter general en el Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias, TRLGDCU en adelante, y otras leyes especiales³²¹— en el caso de que en la relación contractual implementada a través de *smart contracts* se incluyan condiciones generales de la contratación o intervengan consumidores y usuarios, respectivamente.

No obstante, determinadas características de la DLT resultan aparentemente incompatibles con la aplicación de algunos de los derechos que el ordenamiento reconoce a las personas que toman parte en una relación contractual electrónica implementada a través de *smart contracts*. En particular, el derecho de desistimiento, derecho que el TRLGDCU reconoce al consumidor o usuario que contrata a distancia, colisiona con la propiedad de la irreversibilidad del historial de transacciones de los registros distribuidos³²².

³¹⁶ Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional, CNUDMI, *Ley Modelo de la CNUDMI sobre Comercio Electrónico con la Guía para su incorporación al derecho interno con el nuevo artículo 5 bis aprobado en 1998*, Naciones Unidas, Nueva York, 1999.

³¹⁷ BOE núm. 166, de 12.07.2002.

TUR FAÚNDEZ, cit., pp. 69-71.

³¹⁸ Directiva 2000/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2000, relativa a determinados aspectos jurídicos de los servicios de la sociedad de la información, en particular el comercio electrónico en el mercado interior (Directiva sobre el comercio electrónico) (DOUE L 178, de 17.07.2000).

³¹⁹ TUR FAUNDEZ, cit., p. 72.

³²⁰ BOE núm. 89, de 14.04.1998.

³²¹ BOE núm. 287, de 30.11.2007.

Particularmente, para las relaciones contractuales de consumo que se celebren por vía electrónica, habrá que tener en cuenta la regulación que el TRLGDCU hace de los contratos celebrados a distancia (Título III del TRLGDCU).

³²² Los contratos inteligentes podrían incluir funciones de reversibilidad para que los empresarios predispongan *smart legal contracts* en relaciones de consumo que cumplan con la obligación de prever el derecho de desistimiento de los consumidores. Sin embargo, cabe cuestionarse qué ocurre con la posibilidad de revertir el contrato una vez que se han superado los plazos para ejercer el derecho de desistimiento y, en general, qué sucede con la derogación de los efectos de los *smart legal contracts* en ausencia de funciones de reversión. Vid. TUR FAUNDEZ, cit., pp. 78-78.

Recuérdese que los *smart legal contracts* disfrutan o adolecen de la característica de la inmutabilidad, en la medida en que no resulta viable modificar el historial de transacciones de las redes DLT públicas sin el recurso a un *hard fork*. Respecto de este problema, un sector de la doctrina se inclina por considerar que para estos casos no existe otro remedio más que la aplicación de compensaciones y, como medida

Asimismo, otro problema que presenta la utilización de *smart contracts* en el marco de las relaciones jurídicas entre particulares se encuentra en la determinación de la competencia internacional y ley aplicable a los conflictos de naturaleza internacional, especialmente en el caso de las redes DLT públicas no permissionadas³²³.

Por otro lado, debe recuperarse el análisis del principio *Code is Law* con motivo del discernimiento de sus consecuencias en los derechos de los afectados. Los defensores de este principio³²⁴ insisten en la idea de que en las redes que utilizan la DLT no rige el Derecho, sino exclusivamente las instrucciones o reglas técnicas (“el código”) en virtud del cual se constituye el registro distribuido o la concreta aplicación descentralizada. Por este motivo, ni cabría exigir responsabilidad a un atacante que aprovechara una vulnerabilidad del código ni deshacer las inscripciones que han quedado registradas en el historial de transacciones del registro distribuido según estos grupúsculos. No obstante, este punto de vista cae en el error de creer que la

preventiva, la limitación de los efectos temporales de los *smart legal contracts* en los casos en que implementen relaciones contractuales indefinidas. Vid. VILALTA NICUESA, cit., p. 152.

No obstante, otro sector doctrinal está en contra de limitar las acciones y remedios que el ordenamiento jurídico pone a disposición de los ciudadanos. En este sentido, PRENAFETA RODRÍGUEZ señala que la automatización de los contratos no constituye una garantía de determinados elementos contractuales cuya concurrencia resulta necesaria de la validez de los contratos, tales como la capacidad de los contratantes, la licitud del objeto del contrato, etc. Vid. PRENAFETA RODRÍGUEZ, J., “Smart contracts: aproximación al concepto y problemática legal básica”, *Diario La Ley*, N 8824, (2016), p. 6. (de la versión disponible en la Ley Digital).

Por su parte, LEGERÉN-MOLINA defiende la imposición de la obligación de disponer de funciones de reversibilidad no limitadas a un plazo contrato. De esta manera, el régimen jurídico de la invalidez e ineficacia contractual resultaría aplicable a los *smart legal contracts* ante la posibilidad de revertir sus efectos a requerimiento judicial, incluso tras la superación del periodo de desistimiento. Vid. LEGERÉN-MOLINA, “Los contratos inteligentes...”, cit., p. 228.

En este sentido, para NAVARRO DE ANDRÉS los jueces y árbitros podrían actuar como oráculos, de tal manera que las sentencias y laudos arbitrales podrán revertir los efectos de la ejecución automatizada. En realidad, en este caso la sentencia o laudo constituye un *input* que desencadena un nuevo *output* o ejecución del *smart legal contract*. En definitiva, la regulación debe permitir, a requerimiento de la autoridad judicial, la sincronización entre el historial de transacciones del registro DLT y el derecho declarado. Vid. NAVARRO DE ANDRÉS, S., “Contratos inteligentes. En especial, su implantación práctica en negocios Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 351-361.

³²³ TOBAJAS VINUESA, P., “Blockchain 2.0- Smart Contract: ¿Contratos inteligentes?”, disponible en <https://elderecho.com/blockchain-2-0-smart-contract-contratos-inteligentes> (última consulta 02.04.2019).

Sin embargo, podrán resolverse las cuestiones de Derecho Internacional Privado que susciten los negocios jurídicos que se anotan en los registros distribuidos, mediante la aplicación de los fueros y criterios de conexión que establezcan las normas aplicables. Así, ORTEGA GIMÉNEZ aplica el régimen general de las obligaciones contractuales en materia de competencia judicial internacional y de ley aplicable para la resolución de las cuestiones relativas a las relaciones jurídicas devenidas de los *smart contracts*. Vid. ORTEGA GIMÉNEZ, A., *Smart Contracts y Derecho Internacional Privado*, Aranzadi, Cizur Menor, 2019, p. 60.

La determinación de la ley aplicable a la red DLT es otra cuestión. Esto se debe a que, mientras que en las redes DLT privadas o permissionadas pueden utilizarse puntos de conexión para vincular a la red a una jurisdicción concreta, en las redes DLT públicas no permissionadas lo anterior no es posible. Esto implica que ninguna jurisdicción puede controlar el funcionamiento técnico de la red sin su previo condicionamiento, sin perjuicio de que las autoridades intenten hacer cumplir sus disposiciones imperativas cuando estas resulten aplicables. En definitiva, el objeto de las normas de Derecho Internacional Privado son las relaciones jurídicas que se entablan entre los usuarios de la red al realizar las transacciones, en lugar del propio registro compartido por la comunidad nodal que conforma la red DLT. Esto se traduce en que, en todo caso, los tribunales de la jurisdicción competente para conocer del litigio no condenarán o absolverán a la red DLT, sino a las partes demandadas. Vid. LEHMANN, M., “Who owns Bitcoin? Private law facing the Blockchain”, *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, Vol. 21, N 1, (2020), pp. 116-127.

³²⁴ Vid. Ethereum Classic, “Code is law and the quest for justice”, 2016, disponible en <https://ethereumclassic.github.io/blog/2016-09-09-code-is-law/> (última consulta el 06.10.2021).

inmutabilidad de los registros distribuidos es *definitiva* cada vez que se produce una actualización del historial de transacciones; muy al contrario, normalmente el historial de transacciones tiene tan solo una inmutabilidad relativa, puesto que el protocolo de consenso únicamente garantiza que sea muy difícil alterar el historial de transacciones.

A pesar de estos riesgos, y de la necesidad de valorar caso a caso si los *smart contracts* reducen o no los costes de transacción, la DLT permite solventar algunos límites del derecho privado, como la posibilidad de desmaterializar o exportar a formato electrónico determinados títulos valores. En particular, los títulos cambiarios tenían vedado el acceso a la representación electrónica; la posibilidad de realizar tantas copias indistinguibles del documento original como se desee justificaba esta situación³²⁵. Los registros DLT podrían garantizar el carácter único del documento cambiario electrónico³²⁶.

No obstante, la falta de reconocimiento legal de estos registros, técnicamente capaces de representar cualquier tipo de derecho patrimonial sobre bienes, activos o conductas del emisor, acarrea problemas severos para la seguridad jurídica de los intereses de los usuarios de dichas bases de datos que hacen uso de la DLT³²⁷.

C. La gobernanza en las redes DLT

a. Promoción de la gobernanza desde el sector público

En Ciencia Política, y sin perjuicio de que los ordenamientos jurídicos decidan utilizar este término³²⁸, la descentralización del poder político en favor de un procedimiento participativo de

³²⁵ MARTÍNEZ NADAL, A., “La admisibilidad jurídica del pagaré electrónico en el Derecho español”, *Diario La Ley*, N 7461, (2010), p. 8 (de la versión disponible en la Ley Digital).

³²⁶ MARTÍNEZ NADAL ya propuso en el año 2010 la utilización de registros específicos que permitieran la transmisión y el ejercicio de los títulos cambiarios, al igual que ocurre con los registros de anotaciones en cuenta para las acciones. No obstante, hay que tener en cuenta que la autora se refería a un sistema de registro “centralizado”, a cargo de un prestador de servicios de confianza, mientras que un registro DLT es, esencialmente, un sistema distribuido y descentralizado. Así:

“Estas iniciativas se basan en sistemas de documentos electrónicos articulados de tal forma que no es necesario un documento electrónico único y original (cosa, por otra, imposible, como hemos visto). En estos sistemas la validez legal del documento electrónico no depende solo de su posesión material, sino de una base de datos central o repositorio de la que se desprende la titularidad legítima del título, y a través de las que deben realizarse las transmisiones del mismo”.

MARTÍNEZ NADAL, cit., p. 10.

³²⁷ Las adquisiciones de bienes y derechos representados en registros DLT que permanecen al margen del sistema legal no resultan amparadas por los principios registrales que nuestro ordenamiento jurídico establece para favorecer la seguridad jurídica del comercio. Vid. RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, M., “Fe pública y *tokenización* de activos en Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, p. 479.

RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA ha destacado que los adquirentes de valores negociables inscritos en un registro DLT no reconocido legalmente no pueden acogerse al régimen jurídico de las anotaciones en cuenta. Asimismo, los adquirentes de derechos reales sobre bienes muebles e inmuebles representados en registros DLT no oficiales no ven su adquisición protegida frente a las reivindicaciones de terceros. RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, cit., pp. 477-482.

³²⁸ En el Derecho financiero australiano, el legislador austral ha impuesto a las empresas financieras determinadas obligaciones de “gobernanza de producto”. Así, las empresas financieras asumen deberes en relación con el diseño y la distribución de los productos financieros, en la medida en la que estos deben ir dirigidos a un *target* de mercado determinado, o tipo de consumidor para el cual se ha creado el producto financiero.

El objetivo de la normativa, al igual que en los casos de los test de conveniencia e idoneidad, es impedir que las empresas financieras coloquen productos inadecuados a sus clientes. No obstante, el problema consiste en que esta regulación exige que las empresas financieras lleven a cabo una elaboración de perfiles

toma de decisiones en el que intervienen diversos actores de la sociedad civil se conoce como gobernanza³²⁹.

A nivel internacional, el fenómeno de la gobernanza alcanza su máxima expresión, puesto que el carácter global de muchas materias y problemas ha favorecido la adopción de estándares internacionales que los legisladores nacionales han implementado en sus normativas internas³³⁰.

Esta cooperación intergubernamental, necesaria para la intervención de sistemas descentralizados, podría permitir el desarrollo de una regulación que permita afrontar los riesgos que plantean los registros DLT, o al menos de una cierta estandarización normativa. No obstante, por el momento ni está previsto que los Estados emprendan alguna acción en este sentido³³¹ ni

de los consumidores y usuarios, tratamiento de datos que a su vez presenta una serie de riesgos. Vid. BEDNARZ, Z., “There and back again: how target market determination obligations for financial products may incentivise consumer data profiling”, *International Review of Law, Computers & Technology*, Vol. 36, N 2, (2022), pp. 138-140.

³²⁹ PORRAS NADALES describe a la gobernanza como:

“En consecuencia, la centralidad política del ejecutivo, entendido como núcleo único y primordial de dirección e impulso político, tenderá a ser sustituida por una posición de diálogo, negociación e interacción con todo un complejo de redes sociales y de esferas institucionales activas. Lo cual acaba transformando a medio plazo el tradicional rol directivo del gobierno, abriendo el camino hacia las nuevas categorías de la gobernanza”³²⁹.

Vid. PORRAS NADALES, cit., p. 31.

³³⁰ La doctrina ha catalogado a este fenómeno de cooperación intergubernamental como “Derecho Administrativo global”. Su calificación como “Derecho Administrativo” responde a la necesidad de juridificar el proceso de adopción de estándares que, aunque escapan de los controles jurídicos nacionales y no disponen de los mecanismos de atribución de legitimidad propios del Estado de Derecho, implican un desplazamiento el centro de toma de decisiones de la esfera nacional a la internacional. Vid. RODRÍGUEZ ARANA, J., “El Derecho Administrativo Global: un derecho principal”, *Administración de Andalucía. Revista Andaluza de Administración Pública*, N 76, (2010), p. 17.

El fenómeno del Derecho Administrativo Global es quizás el máximo exponente de la gobernanza. Esto se debe a que los sujetos que elaboran los estándares que posteriormente se incorporan a las legislaciones nacionales administrativas representan diferentes perspectivas. Así concurren expertos procedentes de organismos públicos internacionales, nacionales y del sector privado.

En definitiva, a pesar de que los estándares y recomendaciones adoptados a nivel internacional no constituyan normas jurídicas, fácticamente ejercen una influencia sustancial sobre los gobiernos y legisladores nacionales, que acaban por transcribir en los boletines oficiales los textos adoptados en estas sedes internacionales. El caso de la regulación financiera ilustra el éxito de la adopción voluntaria de esta normalización normativa, ya que las Normas de Basilea III como estándares internacionales adoptados en el seno del Comité de Supervisión Bancaria de Basilea han tenido una influencia decisiva en el desarrollo de la reforma de la regulación bancaria que tuvo lugar a raíz de la crisis financiera. RODRÍGUEZ ARANA, cit., p. 20.

Diferente del Derecho Administrativo Global, aunque en ciertos casos pueden coincidir, es el llamado Derecho Administrativo Transnacional. En general, dogmáticamente se define al Derecho transnacional como aquel que regula actos o eventos que trascienden de las fronteras jurisdiccionales, más allá del objeto propio del Derecho internacional público o privado. No obstante, ARROYO JIMÉNEZ indica que la concreta definición de Derecho Administrativo Transnacional dependerá de las funciones que se le atribuyan. ARROYO JIMÉNEZ, L., “Las caras del Derecho administrativo transnacional”, *Revista de Administración Pública*, N 218, (2022), pp. 104-105.

³³¹ De hecho, se ha dicho que, para que los Estados decidieran acometer una “regulación global” de estas tecnologías, las redes DLT deberían suponer una amenaza para el Estado de Derecho y la seguridad de los ciudadanos. Vid. YEUNG, K., “Regulation by Blockchain: The Emerging Battle for Supremacy between the Code of Law and Code as Law”, *The Modern Law Review*, Vol. 82, N 2, (2019), p. 215.

De producirse, el control estatal se aplicará, en primer lugar, sobre los intermediarios y plataformas de negociación de criptoactivos que facilitan la operativa con las redes DLT públicas y no permissionadas y que se utilizan para soslayar la aplicación de las leyes. Si esta intervención se reputase insuficiente, se procederá a imputar la responsabilidad de las infracciones a cualquier tipo de actor que haga posible el funcionamiento de la red DLT en cuestión (mineros, desarrolladores, etc.) Vid. YEUNG, cit., p. 220

existe un consenso sobre la orientación, restrictiva o favorecedora del fenómeno, que la intervención tendría³³².

La dificultad para que los Estados acuerden una intervención directa sobre las redes DLT no excluye que el sector público promueva la adopción de estándares de gobernanza para las redes DLT en beneficio de la propia comunidad del registro distribuido³³³. Más allá de las iniciativas de estandarización, cabe destacar que los poderes públicos, este el caso de la UE, tratan de impulsar proyectos DLT para situarse a la vanguardia del desarrollo tecnológico³³⁴. Por último, la iniciativa de estandarización más viable se da por parte de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés). ISO pretende fijar estándares para solucionar los problemas de compatibilidad de las DLTs con la normativa de protección de datos, promover la gobernanza de las plataformas, la interoperabilidad de las redes DLT, los medios de identificación digital de los usuarios y la compatibilidad de los *smart contracts* con el ordenamiento jurídico³³⁵.

Sin embargo, ante la ausencia de una regulación o estandarización “global” de las DLTs, las jurisdicciones pueden plantearse la necesidad de promover regulaciones unilaterales de estas tecnologías, con efectos territoriales o extraterritoriales³³⁶, para tener la capacidad de aportar soluciones a los riesgos que las DLTs pueden plantear. En cualquier caso, cabe recordar que la inexistencia de un punto único de fallo dificulta enormemente las posibilidades del Estado de condicionar a las redes DLT públicas y no permissionadas.

b. Necesidad o no de gobernanza en las redes DLT

i. Beneficios de la adopción de un sistema de gobernanza

El planteamiento de la necesidad o no de regulación o estandarización de los registros DLT se produce en gran medida porque, más allá del protocolo de consenso, las redes DLT, especialmente las públicas y no permissionadas, carecen de instrumentos de gobierno descentralizado o gobernanza³³⁷.

³³² Así, contrastan significativamente las opiniones de la Securities and Exchange Commission, supervisor del mercado de valores estadounidense, con los estudios de las jurisdicciones que pretenden ser atractivas para el establecimiento de empresas relacionadas con el mundo *Blockchain*. Vid en este sentido la opinión del presidente de la SEC: CLAYTON, J., “Statement on Cryptocurrencies and Initial Coin Offerings”, 2017, disponible en <https://www.sec.gov/news/public-statement/statement-clayton-2017-12-11> (última consulta el 10.02.2021) en contraposición con la posición de Suiza como un *Crypto Valley*.

³³³ YEUNG, cit., p. 239.

³³⁴ SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, cit., pp. 146.

³³⁵ SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, cit., p. 150.

³³⁶ Una legislación nacional tiene efectos extraterritoriales cuando prescribe que en el territorio donde resulta de aplicación se sanciona a otra jurisdicción —típicamente a sus empresas— por no haber adoptado el objetivo pretendido por la legislación de efecto extraterritorial. Estas leyes se justifican por parte de sus patrocinadores en el hecho de que las acciones de terceras jurisdicciones tienen un efecto sustancial en el territorio nacional. La ley Helms-Burton constituye un ejemplo de ley con efectos extraterritoriales. Vid. LÓPEZ JURADO, C., “La controversia entre la Unión Europea y Estados Unidos relativa a la Ley Helms-Burton”, *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, N 2, (1997), pp. 583-586.

³³⁷ La falta de mecanismos de gobernanza perjudica la reputación de la red y la seguridad de sus usuarios, dado que no se ha establecido de antemano a quién corresponde la responsabilidad de los acontecimientos que puedan suceder en la red. Este problema se materializó en el caso de TheDAO, puesto que el *smart contract* que gobernaba esta organización descentralizada presentó fallos que se explotaron por un actor malicioso. En aquel momento quedó de manifiesto que se requería la intervención humana para solucionar el fallo de seguridad. Entonces, se evidenció que no se disponía de un protocolo que justificase la decisión de la organización o que delimitase el procedimiento para tomar una resolución. Como resultado de dicha indeterminación, la crisis se saldó con una división de la comunidad ante la decisión de la dirección de Ethereum de revertir las consecuencias del ataque mediante un *hard fork*. A mayor inri, la autosuficiencia del código para gobernar una comunidad quedó desmentida, ya que sin la intervención humana externa no habría resultado posible contrarrestar el ataque.

La ausencia de mecanismos de gobernanza, especialmente en el caso de plataformas como Ethereum, plantea problemas de inseguridad jurídica³³⁸. Asimismo, dicha falta también aumenta los costes de transacción de los *smart contracts* debido a la imposibilidad de recurrir a instrumentos correctores de su rigidez. La gobernanza implicaría que el diseño del registro DLT habilitara el tratamiento de estos problemas³³⁹.

Entre los registros DLT que han adoptado sistemas de gobernanza para tratar los costes de la rigidez de los contratos inteligentes se ha de distinguir aquellos que admiten expresamente la intervención de las autoridades estatales de los que insisten en mantener a la base de datos distribuida al margen de la aplicación del Derecho³⁴⁰.

No obstante, en cuanto a los registros DLT que han tomado la decisión de permanecer al margen del Derecho, se ha de destacar que esto puede conllevar una situación de enfrentamiento con las autoridades, en la medida en que estas bases de datos no pueden permanecer indefinidamente

³³⁸ Con motivo del caso TheDAO, el supervisor financiero británico, la *Financial Conduct Authority* o FCA, plantea las siguientes preguntas:

- ¿Cómo debería calificarse jurídicamente a la aplicación descentralizada TheDAO?
- ¿Son los desarrolladores de la red o la organización en la que estos se integran, en este caso la fundación Ethereum, los sujetos que deben responsabilizarse del gobierno de la red DLT?
- ¿A qué régimen de intervención pública debe someterse una red DLT, si es que debe sujetarse a alguno?
- ¿Debe de haber algún responsable por los daños que se produzcan como consecuencia de los defectos de programación de las aplicaciones DLT? En caso afirmativo, ¿quién debería resarcir los daños causados por las deficiencias que presenten estas aplicaciones?
- Respecto de las plataformas permissionadas y privadas, ¿Cuáles son las reglas de gobierno que deben adoptar?

FCA, “Discussion Paper on distributed ledger technology”, *Discussion Paper*, N DP17/3, (2017), pp. 23-24.

³³⁹ El proyecto Aragon constituye una aplicación desplegada en la red de Ethereum sobre la cual se instalan—en el caso específico de Aragon— organizaciones descentralizadas. En este caso, la red de *Ethereum* constituiría la capa de nivel 1, la aplicación de *Aragon* formaría una capa de nivel 2 y, por último, las organizaciones (autónomas) descentralizadas operarían en una capa de nivel 3, bajo las reglas definidas por el protocolo de Aragon.

³⁴⁰ La plataforma EOS pertenecería al primer grupo, mientras que Aragon al segundo. En el primer caso, el proyecto DLT busca un alineamiento eficiente con el Derecho, mientras que el segundo se busca reducir los costes de transacción al tiempo que se permanece al margen del Derecho. Vid. YEUNG, cit., p. 215. En este sentido, la red Aragon asegura proporcionar un entorno que satisface todas las necesidades de las organizaciones que se constituyen en esta aplicación, al igual que hace el estado de Delaware con sus sociedades. Vid. CUENDE, L., IZQUIERDO, J., “Whitepaper Aragon network a decentralized infrastructure for value exchange”, 2017, disponible en <https://blog.aragon.one/author/jorge/> (última consulta el 07.02.2020).

Concretamente, las normas que aplicarán los jueces de Aragon para resolver los conflictos procederán, en primer lugar, de los estatutos de la organización que se ha constituido en la red y, supletoriamente, acudirán a las reglas que disponga la plataforma de Aragon. De esta forma, se evitaría el recurso a un Derecho de base estatal. No obstante, ha de recalarse que esta “jurisdicción alternativa” confía en un sistema heterocompositivo de resolución de controversias en el que la actuación de los jueces o jurados queda determinada por un sistema de incentivos económicos, puesto que los “jueces” o el “jurado” resultan premiados o penalizados en función de que el sentido de su voto coincida o no con la opinión mayoritaria del tribunal, esto es, el acierto del voto del juez o miembro del jurado se mide únicamente con el dato de su adhesión o no al veredicto o sentencia. De acuerdo con los promotores de Aragon, la posibilidad de colusión de los jueces se evita en la medida en que el sistema imposibilita que los jueces o el jurado conozca el sentido del voto del resto de miembros del tribunal sin antes publicar el propio de manera definitiva. Por otro lado, el “demandante” podrá recurrir la decisión del tribunal y solicitar la intervención de una instancia superior y de un tribunal supremo, a condición de que arriesgue una cantidad superior de *tokens*. En caso de que se dicte sentencia estimatoria en vía de recurso se implementará una sanción económica para los tribunales que emitieron una decisión incorrecta. CUENDE, IZQUIERDO, cit., pp. 21-25.

aisladas del mundo exterior³⁴¹. Por otro lado, no cabe descartar la existencia de fallas en el sistema de incentivos económicos para la resolución de controversias³⁴². Para evitar estos problemas, resultan más idóneas las redes DLT que establecen sistemas de gobernanza mixtos, esto es, que prevean la aplicación coordinada de mecanismos resolución de controversias internos y los pertenecientes a los sistemas jurídicos estatales. Así, en los casos en los que el sistema de gobernanza propio de la red DLT no consiga zanjar la disputa de las partes, se deberá reconocer y facilitar la intervención de autoridades adscritas a una jurisdicción nacional. Esta aproximación intermedia es el enfoque que sigue el proyecto EOS³⁴³.

Por otro lado, existen diseños de gobernanza con un alcance mucho más limitado³⁴⁴.

ii. Modelos de gobernanza

Los sistemas de gobernanza pueden clasificarse en modelos centralizados o descentralizados. En los primeros, se incurre en la paradoja de que el gobierno de una estructura nodal distribuida y descentralizada se concentra en una entidad. En este caso, una persona u organización reconocible en el sistema coordina las acciones que los integrantes de la red deben llevar a cabo ante ciertos

³⁴¹ YEUNG, cit., p. 238.

³⁴² En el caso de Aragon, los jueces podrían decidir el sentido de su voto en función de su percepción acerca de cuál va a ser la decisión mayoritaria ante el temor de quedar en minoría. En esta tesitura, el juez podría verse obligado a desechar la interpretación que considera más correcta, pero que no es aceptada por la mayoría, para no recibir una sanción económica.

³⁴³ Esta propuesta pretende dar lugar a una red “gobernada” conforme a unos estatutos —o “constitución”, de acuerdo con los promotores del proyecto— que determinan que los acuerdos suscritos en el seno de la red distribuida se sometan en última instancia a la ley de una jurisdicción, sin perjuicio de que los mecanismos de resolución de disputas sean, en principio, internos. Su arquitectura se ha diseñado para facilitar la gobernanza del proyecto por parte de todos los actores implicados, esto es, la intervención humana en la red va mucho más allá de resolver las disputas o errores que han tenido lugar con motivo de la programación de los *smart contracts*. Así, la gobernanza se extiende a aspectos tales como: el proceso de adición de bloques al historial de transacciones por parte de los —en este caso— validadores, que implementan un protocolo de consenso altamente escalable como es la prueba de participación delegada³⁴³; la votación de cualquier decisión referente a la programación la red, como el protocolo de consenso; la constitución que rige la red; la realización de *forks*; y, por último, el foro para la resolución de las disputas. De esta manera, la gobernanza, para el caso de que las intenciones de los promotores del proyecto pudieran materializarse, permitiría disponer en una red pública de las ventajas propias de las redes privadas sin que esta pierda su carácter descentralizado. Así, cabría la posibilidad de modificar el historial de transacciones de manera no traumática y sin centralizar la decisión en un órgano de administración.

EOS obtiene el compromiso de sus usuarios de vincularse a la constitución y a la ley designada por esta mediante la incorporación de un *hash* que indica la adhesión de los usuarios a los estatutos en las transacciones comunicadas a la red. En definitiva, se trata de un proyecto cuya gobernanza alcanza tanto a las relaciones jurídico-privadas que se establecen en el seno de la plataforma como a la relación de cada individuo con el conjunto de la comunidad que opera en la plataforma. En este sentido, este sistema habilita a la comunidad para, entre otras posibilidades, expulsar a un miembro que incumpla las normas de conducta y la “constitución”.

En definitiva, este proyecto pretender constituir un registro distribuido sobre el cual cabe desarrollar aplicaciones descentralizadas y sistemas de pago al tiempo que se garantiza la seguridad jurídica de los usuarios. Vid. SANITT, A., “Legal analysis of the governed blockchain”, 2018, pp. 1-9, disponible en <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/0d56a3a5/legal-analysis-of-the-governed-blockchain>, (última consulta el 17.01.2021) y GRIGG, I., “EOS-An Introduction”, pp. 6-7, disponible en https://iang.org/papers/EOS_An_Introduction.pdf (última consulta el 18.01.2021).

³⁴⁴ Se trata de sistemas de gobernanza enfocados a mejorar el código de los *smart contracts*. Ahora bien, las modificaciones que se acuerden únicamente servirían para mejorar a los *smart contracts* para situaciones futuras, esto es, los ajustes que se determinen no podrán revertir las brechas de seguridad que hayan tenido lugar. KAAL, W.A., “Blockchain based corporate governance”, *University of ST. Thomas (Minnesota) Legal Studies Research Paper*, N 19-10, (2019), pp. 28-29.

sucesos³⁴⁵. Como ventaja de este modelo cabe destacar que los roles de los participantes de la red y sus respectivas responsabilidades para con la comunidad quedarían delimitados. Así, en una plataforma DLT con gobierno centralizado cabría identificar el rol de “agente desarrollador”, como sujeto encargado de la supervisión de su funcionamiento; a los usuarios de la plataforma como personas que llevan a cabo transacciones en el marco de una aplicación descentralizada alojada en los nodos de la red DLT; y otros agentes que proporcionan servicios instrumentales para el sistema³⁴⁶.

En segundo lugar, cabe un modelo de gobernanza descentralizado, aunque coordinado³⁴⁷. En este caso, no existe un nodo concreto que asuma el rol de administrador y la responsabilidad de coordinación recae sobre el conjunto de la red, por lo que deberían seguirse unas reglas que permitan la concertación de los nodos³⁴⁸.

Un ejemplo de modelo de gobernanza descentralizado viene dado por el caso de la Organización Descentralizada Autónoma (DAO por sus siglas en inglés), puesto que su fundamento último reside en prescindir de la administración de la organización y otorgar toda la capacidad de decisión a sus propietarios. Las cuestiones que suscitó el caso TheDAO resultan extensibles al gobierno descentralizado de otras aplicaciones descentralizadas y a las propias redes DLT como infraestructura que da soporte a los *smart contracts*³⁴⁹. En particular, reveló la necesidad de establecer un sistema de incentivos que recompense la proposición de decisiones por parte de los

³⁴⁵ Este es el modelo de redes DLT privadas en el que un nodo asume el rol de administrador del registro DLT (*masternode*). Entre sus funciones se encuentra, por tanto, la capacidad para otorgar permisos a terceros. Vid. VILALTA NICUESA, cit., p. 24.

No obstante, informalmente, el “gobierno centralizado” parece haberse consagrado también en la red de Ethereum —como oposición a este hecho surgió a partir del caso TheDAO como escisión de la red canónica de Ethereum, la red Ethereum Classic—, red DLT pública no permissionada. El caso de Ethereum permite considerar que el modelo de gobierno centralizado puede instaurarse tanto en redes DLT privadas como públicas, siempre y cuando una organización o sujeto asuma la responsabilidad de coordinar el proyecto.

³⁴⁶ VILALTA NICUESA, cit., pp. 90-92.

Señala VILALTA NICUESA que entre el responsable de la red o agente desarrollador y los desarrolladores de *smart contracts* pueden tener lugar acuerdos contractuales para el despliegue de contratos inteligentes. Asimismo, la cadena contractual se completaría con los contratos que los usuarios celebren entre sí y aquellos que tanto el agente desarrollador como los usuarios perfeccionen con los terceros agentes técnicos intervinientes (óráculos, mineros, etc.). Estos contratos son independientes entre sí, esto es, el devenir de unos no afecta al de otros según el principio de relatividad de los contratos. Vid. VILALTA NICUESA, cit., pp. 85-94.

³⁴⁷ Al contrario que en el caso anterior, en este modelo resulta mucho más complicado delimitar las relaciones contractuales entre los sujetos intervinientes.

³⁴⁸ Con la asunción de la gestión ordinaria de la organización por parte de los propietarios desaparece la distinción entre propiedad y agencia o administración de la sociedad y, por tanto, los llamados problemas de agencia. No obstante, no debe asumirse que la desaparición del órgano de administración constituya necesariamente un beneficio.

Los problemas de agencia consisten en que los administradores de la sociedad toman decisiones que pueden ser contrarias a los intereses de los propietarios de la compañía. Vid. LAFARRE, A., VAN DER ELST, C., “Blockchain Technology for Corporate Governance and Shareholder Activism”, *Tilburg Law School Legal Studies Research Paper*, N 7, (2018), pp. 2-4.

³⁴⁹ En el caso TheDAO se utilizó un sistema de ponderación según el cual el valor del voto de los partícipes de la DAO se determinaba en función de su contribución económica al proyecto. Vid. KAAL, cit., p. 13. El problema consiste en que, si el poder de voto en la organización se puede fácilmente acaparar gracias a la capacidad de compra de un sujeto o de un grupo que no haya reunido suficientes *méritos*, entonces cabe anticipar que las decisiones adoptadas por los socios pueden no resultar óptimas para el conjunto de la organización.

En el gobierno de las sociedades reguladas en nuestro ordenamiento jurídico existen ciertos contrapesos que permiten moderar el poder de decisión de los propietarios mayoritarios del capital social. En este sentido, el art. 188, apartado 3, del Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital (BOE núm. 161, de 03.07.2010) prevé la posibilidad de limitar el número máximo de votos de un accionista.

partícipes que resulten acordes al interés social o interés de la organización. Por este motivo, se propone incorporar al modelo de gobernanza descentralizado de las aplicaciones y redes DLT *tokens* o participaciones que no representen únicamente la inversión que se ha realizado en el proyecto, sino la contribución del sujeto a esta organización³⁵⁰, y que la remuneración que otorgan los *tokens fungibles* o económicos se establezca en función de la tenencia de los *tokens meritorios o no fungibles*³⁵¹. En definitiva, el gobierno directo de las organizaciones por parte de sus propietarios deberá articularse sobre la base de intangibles, tales como la reputación, la capacidad de predicción de resultados, etc³⁵².

Otra clasificación de la gobernanza en redes DLT tiene en cuenta las “instituciones de coordinación” o paradigmas de gobierno que se han asentado en estas comunidades. Así, ARRUÑADA y GARICANO han identificado como posibles formas de gobierno de las redes y aplicaciones DLT: a) anarquía, como supuesto en el que, en realidad, no existe ningún sistema de coordinación, Bitcoin constituye un ejemplo de este sistema; b) liderazgo, que implica que la coordinación o toma de decisiones se lleva a cabo por parte de la máxima autoridad reconocida de la comunidad DLT en cuestión, por ejemplo BUTERÍN ejerce su liderazgo en la red canónica de Ethereum; c) aristocracia, supone que la toma de decisiones tiene lugar por parte de comités de expertos o de miembros con una participación significativa en la red; y, por último, d) democracia, sistema que permite que toda la comunidad se involucre en el proceso de coordinación o de toma de decisiones³⁵³. Como se dijo anteriormente, respecto de los sistemas democrático y aristocrático, debe destacarse la conveniencia de establecer un sistema de voto ponderado en el que la importancia de cada voto emitido venga determinada tanto por el criterio de la participación económica en el proyecto, esto es, la cantidad invertida en la red u organización DLT, como por la reputación que el usuario tenga reconocida en la red o plataforma en cuestión³⁵⁴.

En tercer lugar, los sistemas de gobernanza pueden catalogarse según se hallen o no dispuestos sobre la arquitectura o código de la red o aplicación DLT en cuestión. Así, la gobernanza es *on chain* cuando los mecanismos de decisión se localizan en el propio entorno que constituye la red, aplicación u organización DLT³⁵⁵. Por otro lado, no hay necesidad de que el sistema de gobernanza se encuentre *embebido* en la programación, ya que también puede desarrollarse a través de canales *informales off chain*³⁵⁶. Algunos autores, incluso, prefieren la gobernanza *off chain*³⁵⁷, porque en algunos casos resultaría más conveniente evitar activar los mecanismos de coordinación de la red³⁵⁸.

³⁵⁰ KAAL, cit., pp. 15-16 y QUINIOU, cit., p. 117.

³⁵¹ KAAL, cit., p. 33.

³⁵² KAAL, cit., p. 30.

³⁵³ ARRUÑADA SÁNCHEZ, GARICANO GABILONDO, cit., pp. 24-28.

³⁵⁴ Existen diversos modelos de votación ponderada. Así, cabe distinguir entre: votación cuadrática, “futarquía”, democracia líquida y votación basada en la reputación. Vid. KAAL, cit., p. 37.

³⁵⁵ ZAMFIR, V., “Against on-chain governance”, 2017, disponible en https://medium.com/@Vlad_Zamfir/against-on-chain-governance-a4ceacd040ca (última consulta el 14.02.2020).

La gobernanza *on chain* permite implementar un modelo de toma de decisiones democrático o aristocrático basado en cualquiera de los sistemas de ponderación de voto mencionados con anterioridad. Asimismo, permite que la red sea plenamente configurable, incluso habilita la posibilidad de que los usuarios acuerden modificar el historial de transacciones. Este ha sido el caso de la plataforma DFINITY. Vid. EHRSAM, F., “Blockchain Governance: Programming Our Future”, 2017, disponible en <https://medium.com/@FEhram/blockchain-governance-programming-our-future-c3bfe30f2d74> (última consulta el 14.02.2020).

³⁵⁶ BUTERIN, V., “Notes on Blockchain Governance”, 2019, disponible en <https://hackernoon.com/notes-on-blockchain-governance-ob65o3pod> (última consulta el 14.02.2020).

³⁵⁷ Vid. BUTERIN, “Notes on Blockchain...”, cit. y ZAMFIR, cit.

³⁵⁸ El argumento en favor de evitar *grabar en piedra* los métodos de coordinación de la red reside en el hecho de que el sistema de incentivos establecido no asegura alinear los intereses de toda la comunidad ante cualquier decisión. Por este motivo, se aboga por favorecer un sistema que mantenga la libertad de los

En definitiva, en general se ha de destacar la conveniencia de establecer sistemas de gobernanza que permitan evitar la colisión de las redes DLT, especialmente las públicas y no permissionadas, con el ordenamiento jurídico³⁵⁹. No obstante, tampoco debe desconocerse que, en los casos en los que la tenencia de los criptoactivos cumple la función de eludir la acción del poder político³⁶⁰ o de escapar a la expropiación encubierta de los ahorros que implica una inflación descontrolada³⁶¹, la gobernanza en los términos en que se ha planteado no tiene sentido, ya que precisamente en estos supuestos el uso de la DLT castiga la mala gestión política y no busca la reconciliación con las autoridades³⁶². Por último, cabe destacar la necesidad de estandarizar, a los efectos de alcanzar las mayores eficiencias posibles, los modelos de gobernanza que cabe implementar en las plataformas DLT.

D. Protocolos de consenso. La prueba de participación como alternativa a la prueba de trabajo

El elevado consumo de electricidad que plantea el procesamiento de transacciones en Bitcoin³⁶³ ha llevado a cierto sector de la comunidad de la DLT —en particular destaca el caso de Ethereum— a plantear la sustitución de la prueba de trabajo por la prueba de participación como protocolo de consenso.

Tanto la prueba de trabajo como la prueba de participación se basan en un sistema de incentivos económicos (*cryptoeconomics*), pero el objeto de la inversión es distinto en uno y otro caso. El protocolo de la prueba de trabajo recompensa a los nodos con más potencia de cálculo, esto es, beneficia a aquellos que más invierten en equipo de minado y consumen más electricidad, mientras que la prueba de participación selecciona con mayor probabilidad a los nodos que más criptoactivos adquieren del registro DLT en cuestión³⁶⁴. Este cambio permitiría resolver el problema del consumo excesivo de electricidad.

No existe un único protocolo de prueba de participación, sino diversas implementaciones pertenecientes a dos grandes familias de algoritmos *proof of stake*³⁶⁵. En ambos casos se trata de

nodos para implementar o no la decisión acordada. Se trata de evitar empujar a los nodos disidentes a que realicen un *hard fork* que les desvincule de manera definitiva de la red canónica. En el fondo subyace, por tanto, un debate acerca de si resulta más deseable proteger los intereses de la minoría frente a la tiranía de la mayoría o, en cambio, se debe proteger el interés de la mayoría frente al egoísmo de la minoría.

³⁵⁹ Para las redes DLT públicas y no permissionadas que pretendan convertirse en plataformas del Internet del Valor, para lo cual requieren la capacidad de soportar transacciones y aplicaciones mucho más complejas que las “meras” transferencias de pagos, la gobernanza se constituye en un elemento esencial. Las redes DLT privadas, por su parte, gozan de una adaptabilidad mucho mayor que las redes DLT.

³⁶⁰ ZVEREV, A., BELTON, C., “Aumentan donaciones en bitcoin en favor de opositor ruso Navalny: datos”, 2021, disponible en <https://www.reuters.com/article/rusia-politica-bitcoin-idLTAKBN2AC1JT> (última consulta el 16.02.2021).

³⁶¹ Vid. Criptonoticias, “2020, el año de la adopción de bitcoin y criptomonedas para pagos en Venezuela”, 2021, disponible en <https://www.criptonoticias.com/comunidad/2020-ano-adopcion-bitcoin-criptomonedas-pagos-venezuela/> (última consulta el 16.02.2021).

³⁶² MÜNCHAU, W., “Le bitcoin - C’est une monnaie”, 2021, disponible en <https://www.eurointelligence.com/column/bitcoin> (última consulta el 16.02.2021).

³⁶³ Se estima que en 2018 se consumió entre 300 y 900 kWh para procesar una transacción de Bitcoin. Vid. DE VRIES, A., “Bitcoin’s Growing Energy Problem”, *Joule*, Vol. 2, N 5, (2018), p. 804.

³⁶⁴ ABADI, BRUNNERMEIER, cit., p. 4.

³⁶⁵ El primer grupo de protocolos de prueba de participación, denominado *chain-based proof-of-stake*, reproduce parte del proceso de adición de bloques del algoritmo de la prueba de trabajo, con la diferencia de que la selección del nodo con derecho a añadir su bloque al historial de transacciones tiene lugar en función de la cantidad de criptoactivos que bloqueen los validadores. La segunda categoría de protocolo de prueba de participación se denomina *Byzantine Fault Tolerant based proof-of-stake*. Esta implementación elude los elementos de la prueba de trabajo y constituye un proceso que se descompone en dos fases

algoritmos a prueba de fallas bizantinas³⁶⁶ que aseguran la inmutabilidad del historial de transacciones bajo ciertas condiciones. No obstante, la prueba de participación también adolece de vulnerabilidades específicas que los atacantes pueden aprovechar y que no están presentes en la prueba de trabajo. Específicamente, los problemas de *Weak Subjectivity* y de *Costless Simulation*³⁶⁷ permiten a los ciberdelincuentes defraudar a los nodos acerca del carácter malicioso de una cadena de bloques o historial de transacciones sin incurrir en costes prohibitivos. Para tratar esta potencial falla de seguridad, se requiere disponer de un sistema de gobernanza que permita que los nodos sincronizados con el historial de transacciones informen a los entrantes acerca de cuál es la cadena de bloques correcta³⁶⁸.

Cabe observar que las redes DLT públicas y no permissionadas que utilizan el protocolo de la prueba de trabajo fundamentan su seguridad en el coste de los recursos computacionales que conlleva la resolución de los problemas criptográficos. La prueba de trabajo aporta una elevada seguridad y permite al registro DLT prescindir de un sistema de gobernanza, pero es ineficiente en términos de rendimiento y conlleva un consumo energético desmedido. La prueba de participación, en cambio, resulta segura y eficiente siempre que el registro DLT disponga de un esquema de gobernanza eficaz³⁶⁹.

En definitiva, dado que el sistema de gobernanza es necesario para evitar conflictos entre determinadas características de los registros distribuidos y los ordenamientos jurídicos nacionales, cabe concluir que la adopción de la prueba de participación como protocolo de consenso frente a la prueba de trabajo únicamente resultará óptima para aquellas redes DLT que dispongan de un sistema de gobernanza que garantice la seguridad jurídica de las transacciones que se anotan en este. Ethereum se encontraría en este supuesto. Por el contrario, para registros DLT que no pretendan coordinar su funcionamiento con las estructuras estatales, la mejor opción reside en prescindir de un sistema de gobernanza y basar la seguridad de la red en la prueba de trabajo. En este segundo caso habría que encuadrar a Bitcoin.

diferenciadas: en la primera se escoge al validador que va a proponer un bloque y en la segunda el resto de validadores lo refrendan o lo rechazan. Esta última es la modalidad de protocolo de consenso de prueba de participación que Ethereum pretende implementar. Vid. BUTERIN, V., GRIFFITH, V., “Casper the Friendly Finality Gadget”, 2015, p. 1., disponible en <https://arxiv.org/pdf/1710.09437.pdf> (última consulta, el 16.04.2022) y DEIRMENTZOGLOU, PAPAKYRIAKOPOULOS, PATSAKIS, cit., p. 28715.

³⁶⁶ En el contexto de las redes informáticas, una falla bizantina hace referencia al ataque de un nodo malicioso contra el protocolo de consenso de un sistema basado en una arquitectura distribuida. El protocolo de consenso será resistente o *tolerante* a las fallas bizantinas si permite que el sistema distribuido continúe operativo a pesar del sabotaje.

Específicamente, el problema se ilustra con la alegoría del asalto de varios generales bizantinos a un campamento enemigo. El éxito de la operación requiere de la coordinación de los militares. No obstante, entre los generales hay unos o varios traidores que lanzan mensajes contradictorios para impedir que los honestos alcancen una solución. Los generales leales podrán tomar una decisión siempre que dispongan de una mayoría suficiente. Si se cumplen ciertas condiciones, esta mayoría será simple. Así, si hay un total de tres generales bizantinos, los generales honestos podrán consensuar su decisión si son dos.

Vid. DRISCOLL, K., HALL, B., SIVENCRONAN, H., ZUMSTEG, P., “Byzantine Fault Tolerance, from Theory to Reality” en S. ANDERSON, M. FELICI, B. LITTLEWOOD, B. (Eds.) *Computer Safety, Reliability, and Security. SAFECOMP 2003. Lecture Notes in Computer Science, Vol 2788*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 237-238.

³⁶⁷ La “subjektividad débil” hace referencia a la dificultad de los nodos que acaban de sincronizarse con la red de identificar a la cadena de bloques no maliciosa. La “simulación gratuita” alude a la posibilidad de crear cadenas de bloques alternativas sin comprometer gastos computacionales excesivos. Vid. DEIRMENTZOGLOU, PAPAKYRIAKOPOULOS, PATSAKIS, cit., pp. 28716-28717.

³⁶⁸ BUTERIN, GRIFFITH, “Casper the Friendly...”, cit., pp. 7-8.

³⁶⁹ ABADI, BRUNNERMEIER, cit., p. 3.

3. Intermediarios

SATOSHI NAKAMOTO presentó a Bitcoin como una solución para la imposibilidad de realizar pagos en el comercio electrónico sin recurrir a intermediarios. Bitcoin, en ese sentido, permite la desintermediación con la consecuente reducción de los costes de transacción en los intercambios gestionados con medios electrónicos. Sin embargo, en el ámbito de los registros DLT, han surgido nuevos intermediarios que tratan los límites o las dificultades de uso de las aplicaciones de esta innovación tecnológica.

Así, en primer lugar, los intermediarios facilitan el uso de las criptomonedas y otros criptoactivos a los usuarios mediante la prestación de servicios de custodia de monederos electrónicos o *wallets* y el cambio de moneda virtual por moneda fiduciaria³⁷⁰. El primer servicio surge debido a la dificultad de muchos usuarios en gestionar el uso de sus monederos o *wallets*, dificultad que causa que prefieran delegar en un tercero su administración³⁷¹. En consecuencia, aparecen los llamados monederos en línea u *online wallets* con la finalidad de que los usuarios puedan operar simplemente mediante el acceso a un sitio web con usuario y contraseña. Estas plataformas en línea, además de prestar servicios de custodia de monederos electrónicos, constituyen centros de negociación que facilitan la realización de operaciones de compraventa de criptomonedas y otros criptoactivos. Los servicios de intermediación que pueden prestar estas plataformas presentan una gran diversidad; así, es posible encontrar servicios de ejecución por cuenta ajena de órdenes de compraventa de criptoactivos o de simple puesta en contacto de oferentes y demandantes de criptoactivos (en este caso estos centros actúan como un *marketplace*). Las plataformas de cambio

³⁷⁰ La Ley 10/2010, de prevención del blanqueo de capitales y de la financiación del terrorismo define a los proveedores de servicios de custodia de monederos electrónicos como: “aquellas personas físicas o entidades que prestan servicios de salvaguardia o custodia de claves criptográficas privadas en nombre de sus clientes para la tenencia, el almacenamiento y la transferencia de monedas virtuales” (art. 2.7). La ley se ocupa de estos proveedores al considerarlos obligados a llevar a cabo las obligaciones de diligencia debida en prevención del blanqueo de capitales y de la financiación del terrorismo. También se consideran sujetos obligados a los proveedores de servicios de cambio de moneda virtual por moneda fiduciaria. El cambio de moneda virtual por moneda fiduciaria se define como: “La compra y venta de monedas virtuales mediante la entrega o recepción de euros o cualquier otra moneda extranjera de curso legal o dinero electrónico aceptado como medio de pago en el país en el que haya sido emitido” (art. 2.6). Asimismo, se ha de indicar que la ley conceptúa a la moneda virtual como: “aquella representación digital de valor no emitida ni garantizada por un banco central o autoridad pública, no necesariamente asociada a una moneda legalmente establecida y que no posee estatuto jurídico de moneda o dinero, pero que es aceptada como medio de cambio y puede ser transferida, almacenada o negociada electrónicamente”. Estos añadidos de la Ley 10/2010 se han producido con motivo de la transposición a nuestro ordenamiento de la Directiva (UE) 2018/843 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva (UE) 2015/849 relativa a la prevención de la utilización del sistema financiero para el blanqueo de capitales o la financiación del terrorismo, y por la que se modifican las Directivas 2009/138/CE y 2013/36/UE.

Nótese que estas normas únicamente imponen obligaciones en relación con las monedas virtuales, no con otros criptoactivos. Asimismo, en relación con las operaciones de cambio, el legislador solo ha prestado atención a los intercambios de moneda virtual por moneda fiduciaria. En este sentido, si la plataforma se dedica exclusivamente al cambio de criptomonedas por criptomonedas, no estará sujeta a las obligaciones de diligencia debida. Esta disfunción obedece a que la Directiva (UE) 2018/843 ha identificado como sujetos obligados únicamente a los “proveedores de servicios de cambio de monedas virtuales por monedas fiduciarias”. Vid. Artículo 1.1, letra c), de la citada directiva.

³⁷¹ El caso del “monedero ligero”, esto es, una *wallet* que les permite comprobar sus saldos y realizar transacciones sin tener que disponer del historial completo del registro porque acceden a este a través de un tercer nodo, constituye un supuesto de intermediación distinto al del servicio de custodia de los monederos electrónicos. Es diferente porque el monedero no se encuentra administrado por este tercer nodo, puesto este no custodia las claves privadas de los usuarios. Vid. FRANCO, cit., pp. 17-18.

En el caso del monedero ligero, el *wallet* constituye un cliente, esto es, una aplicación que genera las claves del usuario, constituye la interfaz con la que el titular va a realizar transacciones y atribuye al propietario la custodia de las claves privadas. Vid. Vid. Bit2me, “¿Qué son las Lightweight Wallets o monederos ligeros?”, disponible en <https://academy.bit2me.com/monederos-bitcoin-ligeros-para-ordenador/> (última consulta el 06.10.2021).

de monedas virtuales por moneda fiduciaria se conocen informalmente como *exchanges*. No obstante, el control externo de las claves y la posibilidad de que los servidores de estas plataformas sufran ataques informáticos provoca que los usuarios más avezados eviten recurrir a esta opción para administrar sus monederos al constituir la alternativa más insegura³⁷².

Para comprender la necesidad de estas precauciones que sacrifican la comodidad que proporcionan las plataformas en línea, hay que tener en cuenta que los principales escándalos relacionados con las criptomonedas y otros criptoactivos no han tenido lugar con motivo de fallos en la seguridad de los registros DLT³⁷³, sino en relación con transacciones ilegales, operaciones de blanqueo de capitales y robos de fondos de monederos³⁷⁴. De esta manera, el objetivo de los ciberdelincuentes viene dado por los monederos de los usuarios, mucho más vulnerables que el protocolo de consenso de un registro DLT. Asimismo, hay que tener en cuenta que los intermediarios constituyen “puntos de acceso” a través de los cuales los poderes públicos pueden intervenir las transacciones que tienen lugar en registros DLT públicos y no permitidos³⁷⁵.

Aunque predominantemente hoy las plataformas en línea constituyan sistemas centralizados tradicionales, en un breve espacio de tiempo será más frecuente el empleo de infraestructuras descentralizadas como soporte de las transacciones de los usuarios de los registros DLT. Esta evolución constituye una solución a los problemas de seguridad y a la creciente intervención de los Estados sobre las transacciones con criptoactivos.

³⁷² Ciertamente, existen otras formas de administrar el monedero. Entre las alternativas se encuentra el recurso a los monederos de escritorio o *Desktop wallets*, que consisten en una aplicación alojada en el ordenador de escritorio del usuario que, o bien dispone de un acceso completo al historial de transacciones de Bitcoin, o bien recurre a un tercer nodo para efectuar comprobaciones del historial de transacciones. También cabe la posibilidad de que el usuario descargue el *software* del monedero en un *smart phone* o en una *tablet*, en cuyo caso se habla de *mobile wallet* o de *Tablet wallet*, respectivamente. Si el usuario elige alguna de estas opciones, se responsabiliza de la custodia de sus claves privadas, puesto que la confidencialidad de las claves depende de la seguridad del dispositivo en el que se hallan. En este caso, el riesgo reside en que el dispositivo donde se encuentra instalado el monedero sufra un ataque informático. La utilización de un *mobile wallet* es, al igual que el caso de la administración por terceros, muy frecuente. Hay que tener en cuenta que el dispositivo móvil ofrece la ventaja de poder pagar directamente con criptomoneda mediante el escaneo de un código QR con su lector.

Por último, existe la posibilidad de custodiar los monederos y claves privadas en “unidades frías”. En este caso, las claves permanecerían en un *hardware* periférico u otros soportes aislados de las redes de comunicaciones públicas. Mediante este método se consigue que los monederos resulten inaccesibles para los atacantes. Esta modalidad de custodia de los monederos admite diversas variantes, ya que el almacenamiento de las claves privadas admite varios soportes. Concretamente, las claves pueden guardarse en dispositivos electrónicos, papel, tarjetas, etc.

Vid. CAETANO, cit., capítulo 1y Cointelegraph, “Bitcoin Wallets for Beginners: Everything You Need to Know”, disponible en <https://cointelegraph.com/bitcoin-for-beginners/what-is-bitcoin-wallets#mobile> (última consulta el 06.10.2021).

³⁷³ Se ha de apuntar la existencia de excepciones. Así, en Ethereum Classic se habrían producido dobles gastos como consecuencia de un ataque del 51%. Vid. VOELL, Z., “Ethereum Classic Attacker Successfully Double-Spends \$1.68M in Second Attack: Report”, disponible en <https://www.nasdaq.com/articles/ethereum-classic-attacker-successfully-double-spends-%241.68m-in-second-attack%3A-report-2020> (última consulta, el 19.04.2022).

³⁷⁴ El ataque exitoso al importante *exchange* Mt.Gox demuestra el riesgo de mantener ahorros de criptomonedas y criptoactivos en general en monederos administrados por plataformas en línea. Vid. TRAUTMAN, L., “Virtual Currencies; Bitcoin & What Now after Liberty Reserve, Silk Road, and Mt. Gox?”, *Richmond Journal of Law and Technology*, Vol. 20, N 4, (2014), p. 100.

³⁷⁵ La regularización del *exchange* Binance ante las autoridades españolas permite a nuestros poderes públicos perseguir el incumplimiento de diversas infracciones del ordenamiento jurídico. Vid. Binance, “¿Para qué nos hemos registrado en el Banco de España?” disponible en <https://www.binance.com/es/blog/all/para-qu%C3%A9-nos-hemos-registrado-en-el-banco-de-espa%C3%B1a-421499824684903376> (última consulta, el 20.07.2022).

También cabe considerar a los oráculos como intermediarios de cuya actuación depende la fiabilidad de los resultados que produce las DLT. Uno de los riesgos que la DLT comparte con otros sistemas informáticos es el del *garbage in, garbage out*, que significa que el sistema devolverá resultados equivocados en caso de que se le introduzcan datos de entrada erróneos. De acuerdo con BABICH y HILARY, para tratar esta vulnerabilidad cabe confiar en intermediarios (oráculos) que verifiquen la corrección de la información tratada o instalar dispositivos físicos con sensores que monitoricen los datos³⁷⁶, también conocidos como oráculos (de *hardware* en el último supuesto)³⁷⁷. En ambos casos se plantea la necesidad de *confiar* en los datos que estos intermediarios proporcionan y abonar el coste de sus servicios. Por este motivo, se plantea la sustitución de estos intermediarios por plataformas descentralizadas para dotar de una mayor seguridad e inmutabilidad a las transacciones³⁷⁸.

En definitiva, la intermediación no desaparece en caso de sustituir los procesos tradicionales por aplicaciones constituidas sobre redes DLT, ya que surgen nuevos operadores especializados en las DLTs que relevan a los intermediarios tradicionales. La intermediación especializada resulta necesaria por diversos motivos, como facilitar a los usuarios el uso de esta novedosa tecnología o tratar los riesgos que acarrea la digitalización de la información en estas bases de datos. No obstante, cabe añadir que la comunidad DLT puede buscar mecanismos para eliminar cualquier atisbo de intermediación centralizada de las DLTs. En conclusión, si bien es cierto que la utilización de las DLTs no elimina por completo la necesidad de recurrir a intermediarios, la finalidad de la comunidad es conseguir la completa desintermediación de los casos de uso de las DLTs mediante la descentralización de los intermediarios que conectan a los registros DLT con el exterior; los riesgos de una desintermediación absoluta son, por otro lado, inciertos.

Una vez que se ha tratado el funcionamiento de las DLTs y se han enunciado sus principales ventajas e inconvenientes como solución tecnológica, la investigación se centrará en el estudio de su repercusión desde un punto de vista jurídico y económico. Concretamente, se abordarán problemas específicos que plantea esta innovación tecnológica con herramientas de análisis del Derecho y de la Ciencia Económica.

³⁷⁶ BABICH, V., HILARY, G., “Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology”, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 22, N 2, (2019), p. 6.

³⁷⁷ Bit2me, “¿Qué son los oráculos blockchain?”, disponible en <https://academy.bit2me.com/que-es-oraculos-blockchain/> (última consulta el 06.10.2021).

³⁷⁸ Tanto los oráculos centralizados como los descentralizados agregan la información disponible en internet sobre un valor para hallar una media que se comunica a los *smart contracts* que deben procesar estos *inputs*. La diferencia entre los oráculos con arquitectura centralizada y descentralizada reside en que en el modelo centralizado la información recogida de diversas fuentes se procesa y provee por un único oráculo, mientras que en el modelo descentralizado un *smart contract* selecciona uno de los valores que proporciona una red de oráculos de conformidad con las reglas prescritas. En cualquier caso, los estudios apuntan a que ambos tipos de oráculos incurrir en desviaciones y fallos operacionales considerables, entre otros problemas, motivo por el que resulta necesario prever un sistema de incentivos correcto que penalice estos incumplimientos. Vid. LIU, B., SZALACHOWSKI, P., ZHOU, J., “A First Look into DeFi Oracles”, pp. 10-12, disponible en <https://arxiv.org/pdf/2005.04377.pdf> (última consulta el 25.02.2021).

CAPÍTULO III. ENCAJE DE LAS DLTs Y SUS APLICACIONES EN EL DERECHO

El tratamiento jurídico de las DLTs se encuentra actualmente en desarrollo. Cada nación dispone de su propia perspectiva a la hora de enfrentarse a la regulación de las DLTs y sus aplicaciones. España puede ofrecer una mejor respuesta regulatoria si tiene en cuenta el trabajo previo de terceras jurisdicciones. Por este motivo, se ha optado por estudiar tanto la recepción de las DLTs en el Derecho español como en el comparado.

1. Impacto transversal de las DLTs en el ordenamiento jurídico

A. Tratamiento en el Derecho comparado

a. Suiza

Debido a su condición de “crypto-valley”³⁷⁹, Suiza ha tomado la iniciativa en la regulación o aclaración del marco jurídico de las aplicaciones de la DLT. Los estudios del impacto jurídico de la DLT en el ordenamiento helvético dieron lugar a un informe del Consejo Federal³⁸⁰ que analiza el encaje de esta innovación tecnológica en el sistema jurídico de Suiza y la necesidad o no de modificaciones para adaptarlo a las peculiaridades de esta tecnología. Habida cuenta del imperante principio de neutralidad tecnológica y del buen funcionamiento de su marco jurídico, las autoridades suizas únicamente plantean adaptar su ordenamiento a las tecnologías disponibles sin favorecer ni perjudicar a ninguna en concreto y mantener los objetivos que pretende alcanzar la normativa³⁸¹.

Al margen de las consideraciones que en materia de derechos reales plantean los criptoactivos desde la perspectiva del Derecho Civil suizo³⁸², se ha de destacar la posibilidad de que los criptoactivos entrañen relaciones jurídicas entre sus tenedores y emisores³⁸³. La clasificación

³⁷⁹ Suiza constituye un polo de atracción para las Ofertas Iniciales de Moneda, o *Initial Coin Offering* (ICO, en adelante). Se trata de emisiones de criptoactivos o *tokens* a cambio de criptomonedas con la finalidad de obtener financiación para, normalmente, el desarrollo del proyecto de un registro DLT. La regulación de estas operaciones constituye, por tanto, una prioridad para el regulador helvético. Vid. Blockchain taskforce, “Strengthening the blockchain in Switzerland. The White Paper of the Blockchain Taskforce”, 2018, p. 3, disponible en https://blockchainfederation.ch/wp-content/uploads/2018/10/Blockchain-Taskforce-White-Paper_English-Version1.pdf. (última consulta 02.04.2019).

³⁸⁰ The Federal Council, “Legal framework for distributed ledger technology and blockchain in Switzerland An overview with a focus on the financial sector”, 2018, disponible en https://www.mme.ch/fileadmin/files/documents/Publikationen/2018/181207_Bericht_Bundesrat_Blockchain_Engl.pdf (última consulta el 02.04.2019).

³⁸¹ The Federal Council, cit., pp. 12-14.

³⁸² En el Derecho suizo los criptoactivos no pueden constituir el objeto de derechos reales porque carecen de materialidad. The Federal Council, cit., pp. 44-45.

Esta situación no resulta trasladable al ordenamiento español por cuanto que en este sí se encuentra admitido que la propiedad pueda recaer sobre bienes inmateriales, esto es, los bienes incorpóreos pueden ser objeto de derechos reales. Recuérdese en este sentido que la individualización que sobre activos digitales permite la DLT constituye la base de la asignación de derechos de propiedad a los consumidores sobre bienes digitales.

³⁸³ Con la adquisición de un *token*, su adquirente gana algún tipo de derecho frente al emisor, excepto en el caso de los *tokens* que se emiten en registros DLT públicos y no permitidos en el marco del funcionamiento de su protocolo de consenso. Normalmente, este es el caso de los *tokens* que se utilizan como medio de pago (Bitcoin, Ethers, etc.). IBÁÑEZ JIMÉNEZ se refiere a estos criptoactivos que no representan derechos contra un emisor concreto como *tokens* nativos, ya que su producción se encuentra automatizada por parte del protocolo de consenso. Vid. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J., *Tokens valor (Security Tokens)*, Reus, Madrid, 2020, pp. 104-109.

funcional de los criptoactivos o *tokens*³⁸⁴ facilita además su calificación como valor negociable o instrumento financiero (*security token*)³⁸⁵ a los efectos de determinar la aplicación de la normativa del mercado de valores; el *asset token* normalmente constituirá un *security token*, y los *utility* y *payment tokens* no supondrán *security tokens*. Sin embargo, no cabe equiparar al *security token* con el *asset token*, ni considerar los *utility* y *payment tokens* como criptoactivos no sujetos a la regulación del mercado de valores en cualquier caso, ya que la calificación como *security token* resulta independiente de la clasificación funcional del *token*³⁸⁶.

El Informe del Ejecutivo suizo destaca la necesidad de introducir ciertos ajustes en su legislación como consecuencia de que los derechos inscritos en registros que no se encuentran gestionados por intermediarios supervisados carecen de una protección jurídica óptima³⁸⁷. Cabría extrapolar

³⁸⁴ El supervisor financiero suizo distingue entre tres tipos de criptoactivos o *tokens* de acuerdo con las funciones y derechos que reconocen. Los *payment tokens* son las criptomonedas que, en principio, no tienen otra finalidad que la de servir como medio de pago. Los *utility tokens* o *tokens* de utilidad son los criptoactivos que otorgan a su titular algún tipo de derecho de acceso o de uso a una DAPP o aplicación descentralizada. Los *asset tokens* representan activos contra su emisor, por lo que resultan asimilables a las acciones, bonos, etc. Por último, se encuentran los *tokens* híbridos. Se trataría de aquellos criptoactivos que disponen de características pertenecientes a más de una categoría funcional de *token*.

Vid. FINMA, “Guidelines for enquiries regarding the regulatory framework for initial coin offerings (ICOs)”, 2018, p. 3., disponible en <https://www.finma.ch/en/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/> (última consulta 03.04.2019).

³⁸⁵ *Security* es un término que hace referencia a contrato de inversión, esto es, una transacción que involucra a un inversor que invierte una cantidad de dinero en un proyecto ajeno con la pretensión de obtener beneficios gracias al esfuerzo ofrecido por el solicitante de la financiación o por terceros. La finalidad de captar financiación del público implica además que estos contratos se emitan y negocien en masa. Vid. ROSENBLUM, R., H., “Investment Company Determination Under the 1940 Act: Exemptions and Exceptions”, 2003, pp. 4-7, disponible en <https://apps.americanbar.org/buslaw/newsletter/0014/materials/investmentch2.pdf> (última consulta el 14.01.2021).

Su equivalente en el Derecho de la UE y nacional es el instrumento financiero, noción que incluye al valor negociable como derecho patrimonial que resulta susceptible de negociación generalizada e impersonal en un mercado financiero. Vid. Anexo “Instrumentos financieros comprendidos en el ámbito del texto refundido de la ley del mercado de valores” del TRLMV.

³⁸⁶ La calificación como *security* conlleva una serie de consecuencias legales que afectan a los requisitos regulatorios que deben asumir los emisores de los *security tokens* y los mercados secundarios, esto es, las plataformas de negociación, que admitan la negociación de estos valores. La divergencia regulatoria puede provocar que los emisores, conscientes de que la eventual calificación de sus criptoactivos como *security tokens* puede provocar un tratamiento regulatorio mucho más desfavorable, intenten configurar y presentar sus emisiones de *tokens* como de *non-security tokens*, esto es, proyecten realizar un ofrecimiento de activos no sujeto al Derecho del mercado de valores. No obstante, esta situación de arbitraje regulatorio conlleva que se desaproveche la fórmula de los *tokens* como método de captación de la inversión.

Vid. WOERTH, M.E., PERSON, M. P., BARROT, M.J.N., BRICOUT, M.J.L., COQUEREL, M.E., DUFRÈGNE, M.J.P., VIGIER, M.P., “Rapport d’ information relative aux monnaies virtuelles”, *Assemblée Nationale*, N 1624, (2019), p. 19.

No obstante, la incertidumbre que supone la calificación de los criptoactivos no se debe en exclusiva a la conducta de los emisores; la existencia de divergencias en las legislaciones de los Estados miembros en cuanto al desarrollo de los conceptos normativos que determinan la aplicación de la normativa del mercado de valores y de la Propuesta de Reglamento MiCA contribuye significativamente a esta situación. Así, CANALEJAS MERÍN señala que la ausencia de un concepto uniforme de instrumento financiero a nivel de la UE puede provocar la fragmentación del marco jurídico aplicable a los criptoactivos. Vid. CANALEJAS MERÍN, cit., p. 3.

³⁸⁷ Un *certificaded security* consiste en un derecho o valor que ha resultado “securitised”, esto es, representado en un instrumento que no necesariamente debe de ser papel. Esta categoría equivaldría aproximadamente en nuestro Derecho nacional a la de título valor. Por su parte, el *uncertificaded security* constituye la evolución en el Derecho suizo de la noción de *security* como resultado del proceso de desmaterialización de la representación de los derechos-valores, esto es, el valor se inscribe en un registro que sustituye a los instrumentos tradicionales. Nuestro ordenamiento comprendería esta figura con la

este análisis al ordenamiento jurídico español, ya que la representación de valores mediante anotaciones en cuenta no podría llevarse a cabo a través de un registro DLT³⁸⁸. Se ha de apuntar que estos problemas de seguridad jurídica únicamente se plantean en relación con los criptoactivos no nativos o derivados, esto es, aquellos que se emiten al margen del protocolo de consenso del registro DLT³⁸⁹. En cualquier caso, este análisis pone de manifiesto la oportunidad de integrar tanto los valores representados electrónicamente en registros centralizados que garantizan la unicidad del documento electrónico como los valores reproducidos en registros DLT que resuelven el problema del doble gasto entre los derechos protegidos por el ordenamiento jurídico³⁹⁰.

representación de acciones y otros valores en libros-registros que eliminan la necesidad de cargar con los títulos físicos bajo la denominación de anotaciones en cuenta. De acuerdo con la doctrina especializada en el ordenamiento helvético, los *tokens*, como derechos-valores representados en un registro DLT, constituyen *uncertificatted securities* debido a la naturaleza intangible del criptoactivo y a que la base de datos DLT actúa como el libro-registro donde se anotan estos derechos-valores desmaterializados.

Ahora bien, y a pesar de que sobre los *uncertificatted securities* recaigan las obligaciones propias de la normativa del mercado de valores del ordenamiento suizo por su consideración de *securities*, la transmisión de los *uncertificatted securities* no goza de efectos frente a terceros al no disponer de la protección de la fe pública. Por este motivo la mayoría de los *uncertificatted securities* se crean con la finalidad de constituir *intermediated securities*.

Los *intermediated securities* son valores cuya custodia y transferencia se administra por parte de una serie de intermediarios regulados, tales como las entidades de crédito, depositarios centrales de valores, etc. La negociación de los valores que constituyen *intermediated securities* sí tendrá eficacia frente a terceros; no obstante, la naturaleza centralizada de los registros donde se anotan estos *intermediated securities* provoca que los *tokens* pertenecientes a redes DLT públicas no encajen en la categoría de *intermediated security*. Vid. FINMA, cit., pp. 3-6 y The Federal Council, cit., pp. 58-59.

³⁸⁸ De acuerdo con la observación de RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, con la redacción actual del TRLMV, los criptoactivos no pueden acceder al régimen jurídico de las anotaciones en cuenta. Esto supone un problema grave en la medida en que esta normativa únicamente reconoce como posibles formas de representación de los valores negociables a los títulos valores y a las anotaciones en cuenta.

Asimismo, la falta de reconocimiento legal de los *tokens* supone la imposibilidad de aplicar a los adquirentes de los valores que suponen los *tokens* los beneficios de la fe pública. En consecuencia, los adquirentes quedan expuestos al régimen jurídico general de la cesión de créditos.

Vid. RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, cit., pp. 469-470 y ALFARO ÁGUILA-REAL, J., “Los títulos valores y el pasado como futuro”, 2017, disponible en <https://almacendederecho.org/los-titulos-valores-pasado-futuro/> (última consulta el 06.09.2019).

³⁸⁹ Los principales problemas de seguridad jurídica se producen en torno a la representación de derechos reales sobre bienes muebles e inmuebles en un registro DLT. Esto se debe a que esta representación no equivale a una efectiva incorporación del derecho que pueda proteger su adquisición frente a terceros que dispongan de una mejor posición, particularmente por haber confiado en el Registro de la Propiedad. En este sentido, una base de datos DLT no puede actuar como un efectivo registro de derechos al margen del Registro de la Propiedad. Los *tokens* con valor intrínseco, por otro lado, son plenamente autosuficientes del ordenamiento jurídico, por lo que no requieren de un reconocimiento jurídico para resultar eficaces.

Vid. GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, M., “Blockchain 2.0, o sobre los límites de la autosuficiencia tecnológica”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 543-548, ARRUÑADA SÁNCHEZ, B., “Property Enforcement as organized consent”, *The Journal of Law, Economics and Organization*, Vol. 19, N 2, (2003), pp. 404-405, PASTOR SEMPERE, C., “La seguridad del tráfico mercantil digital” en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, p. 372 y SIERRA GIL, J., GÓMEZ ACEBO, J.C., “Blockchain, tokenización de activos inmobiliarios y su protección registral”, *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario*, N 775, (2019), pp. 2316-2317.

³⁹⁰ Esta extensión de la protección legal debería alcanzar tanto a los criptoactivos que constituyan valores negociables, o *security tokens*, como a aquellos que queden al margen del ámbito de aplicación de la normativa del mercado de valores. Vid. Financial Conduct Authority, “Guidance on Cryptoassets”, 2019, p. 28, disponible en <https://www.fca.org.uk/publication/policy/ps19-22.pdf> (última consulta el 01.03.2021).

Por otro lado, las autoridades suizas han analizado el impacto de las DLTs en diversas ramas del ordenamiento jurídico. A título de ejemplo, se destacan los casos del Derecho Concursal y del Derecho Internacional Privado³⁹¹.

De especial interés resulta dilucidar si la tenencia de criptoactivos por cuenta de terceros se considera una captación de depósitos y, por tanto, conlleva la necesidad de obtener una autorización de entidad de crédito³⁹². Se considerarán a estos intermediarios entidades sujetas a la obligación de obtener autorización como entidad de crédito siempre que mantengan en sus propias cuentas fondos de terceros³⁹³; el intermediario no requerirá autorización como entidad de crédito si su actividad se limita a la mera custodia de los monederos³⁹⁴. En esta sede cabe apuntar que la Propuesta de Reglamento MiCA establece un estatuto jurídico propio para los proveedores de servicios de criptoactivos. No obstante, dicha propuesta normativa dispone que una entidad de crédito con autorización plena puede prestar servicios de criptoactivos.

³⁹¹ En el Derecho Concursal uno de los principales problemas se plantea en torno a la cuestión de si los *tokens* de los clientes se incorporan a la masa activa del concurso o, por el contrario, se reconoce a los propietarios el derecho de separar los *tokens* de la masa activa del concursado. El criterio decisivo se halla en el control de la clave privada de los criptoactivos: si el poder de disposición sobre la clave lo ostenta el intermediario en concurso, el *token* se incluye en la masa activa; si el titular del criptoactivo ha retenido el control sobre la clave, podrá separar el criptoactivo de la masa del concurso. Por este motivo, el informe del Consejo Federal Suizo propone reformar la legislación concursal suiza para otorgar a los titulares de los criptoactivos en todo caso un derecho de separación sobre estos activos virtuales. The Federal Council, cit., pp. 65-70.

Por su parte, la determinación de la competencia judicial internacional y la ley aplicable en las relaciones jurídicas privadas internacionales que se entablen en el marco de un registro DLT deberán resolverse con los foros y criterios de conexión que establecen las normas de Derecho Internacional Privado. Vid. ORTEGA GIMÉNEZ, cit., p. 60. Pueden presentarse problemas, no obstante, en caso de que estas normas utilicen foros o criterios de conexión que no resultan adecuados para las relaciones jurídicas que involucren el uso de las DLTs, como el lugar de emisión y de ejecución de la obligación contractual. Como solución transitoria, la cláusula de los vínculos más estrechos y la cláusula de escape pueden evitar que la aplicación del Derecho Internacional Privado vigente dé lugar a soluciones inadecuadas.

³⁹² Resulta relevante debido a que, en caso de insolvencia de la entidad, los depósitos de entidades de crédito disponen de un régimen jurídico distinto de los activos custodiados sobre los cuales cabe ejercer el derecho de separación. The Federal Council, cit., pp. 89-90.

Piénsese que los depositantes podrían perder sus ahorros como consecuencia de una mala gestión del depositario. No obstante, se ha de apuntar que, en el caso de España, los depósitos se encuentran cubiertos por el Fondo de Garantía de Depósitos hasta el límite previsto y que estos se encontrarán obligatoriamente excluidos del proceso de recapitalización de las entidades de crédito en casos de reestructuración y resolución que presenten interés público.

³⁹³ El Consejo Federal Suizo ha especificado que las siguientes recepciones de criptoactivos no constituyen una captación de depósitos: aceptación de *tokens* como contraprestación en el marco de una relación contractual; captación de instrumentos de deuda; provisión de cuentas de pago (servicios de pago); suministro de medios de pago (dinero, vales, cupones, *tokens*) en pequeñas cantidades y que no generan intereses; captación de depósitos con garantía de pago de una entidad bancaria frente a los depositantes; entidades participantes de un *sandbox* que capten depósitos por cuantía inferior a 1 millón de francos suizos. The Federal Council, cit., pp. 86-89.

Nuestra normativa ordenadora de las entidades de crédito carece de una disposición semejante. Una reforma normativa en este sentido permitiría aclarar en qué casos los *exchanges* estarían sujetos a la obligación de obtener una autorización como entidad de crédito.

Vid. el Real Decreto-ley 16/2011, de 14 de octubre, por el que se crea el Fondo de Garantía de Depósitos de Entidades de Crédito (BOE núm. 249, de 15.10.2011) y Artículo 42 de la Ley 11/2015 y 27.3 del Reglamento (UE) 806/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de julio de 2014, por el que se establecen normas uniformes y un procedimiento uniforme para la resolución de entidades de crédito y de determinadas empresas de servicios de inversión en el marco de un Mecanismo Único de Resolución y un Fondo Único de Resolución y se modifica el Reglamento (UE) no 1093/2010 (DOUE L 225/1, de 30.7.2014).

³⁹⁴ FINMA, “Virtual currencies”, 2019, p. 2, disponible en <https://www.finma.ch/en/documentation/finma-publications/fact-sheets/> (última consulta el 14.04.2019).

Al contrario que la UE, la cual ha optado por crear un nuevo régimen jurídico para los proveedores de servicios de criptoactivos³⁹⁵, en Suiza los prestadores de servicios de criptoactivos podrán solicitar una autorización de crédito limitada para captar depósitos del público³⁹⁶. La UE desaprovecha así la oportunidad de emular el caso suizo y facilitar el modelo de negocio de *neobancos* y de *criptobancos*, limitado en este caso a la prestación de servicios relacionados con criptoactivos³⁹⁷.

En cuanto a la aplicación de la normativa del mercado de valores, se ha de indicar que, *de lege lata*, la calificación del criptoactivo como valor negociable o *security* tendrá lugar con independencia de la falta de encaje de los activos virtuales en la legislación vigente³⁹⁸. En idéntica situación se encuentran las plataformas de negociación de criptoactivos: si admiten la negociación de *security tokens* les resultará aplicable la normativa reguladora de las infraestructuras de los mercados financieros, a pesar de que la norma no esté adaptada a la realidad de los nuevos centros de negociación. La inadecuación de la vigente regulación de las infraestructuras de los mercados financieros reside en que exige una serie de requisitos regulatorios que ya no se justificarían con motivo de las particulares características de las DLTs, en concreto porque estas tecnologías permiten prescindir de intermediarios que antes debían participar necesariamente en la gestión de las infraestructuras³⁹⁹. La Propuesta de Reglamento MiCA y la Propuesta de Reglamento UE sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado, en oposición al criterio inicial de ESMA, esto es, el supervisor de valores de la UE⁴⁰⁰, prescriben un régimen jurídico específico para las infraestructuras de los mercados basados

³⁹⁵ Entre dichos “servicios de criptoactivos”, de acuerdo con el art. 3.1 de la Propuesta de Reglamento, no se encuentra la captación de depósitos.

³⁹⁶ Se trata de una categoría de autorización bancaria menos exigente en términos de requisitos prudenciales, aunque limitada por otro lado al tener cercenada la posibilidad de prestar créditos a terceros a partir de los fondos obtenidos y restringida la cantidad dineraria que puede captar en forma de depósitos. The Federal Council, cit., pp. 89-90.

El estado de Wyoming de EEUU también ha optado por esta estrategia consistente en crear una autorización de entidad de crédito limitada para modelos de negocio *fintech* que ofrecen servicios relativos a criptoactivos o utilizan las DLTs en el marco de la prestación de sus servicios, si bien es cierto que dicha autorización no permitirá realizar préstamos con los fondos captados. Wyoming Division of Banking, “Special Purpose Depository Institutions”, 2019, disponible en <https://wyomingbankingdivision.wyo.gov/banks-and-trust-companies/special-purpose-depository-institutions> (última consulta el 25.01.2021).

³⁹⁷ Vid. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, I. “Blockchain e Inteligencia Artificial: dos tecnologías que convergen e impactan en la economía y el Derecho” en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, p. 103.

³⁹⁸ Recuérdese que las amplias posibilidades de configuración de los *tokens* y su cambiante naturaleza dificultan la labor de calificación casuística de los operadores financieros y autoridades. The Federal Council, cit., p. 93.

³⁹⁹ La legislación vigente únicamente contempla el modelo de mercado de valores tradicional en el que se requiere que los inversores canalicen su inversión a través de una serie de empresas de servicios de inversión autorizadas que actúan como intermediarios entre estos y los demandantes de capital o terceras partes, requerimiento que pierde su sentido con motivo de que las DLTs eliminan la necesidad de intermediación por parte de estas empresas de servicios de inversión. Vid. CODES CALATRAVA, A., “Blockchain y regulación de los valores”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 428-429.

Ante esta situación, el Consejo Federal Suizo propone crear una autorización administrativa que legalice el funcionamiento de las infraestructuras de los mercados financieros basadas en las DLTs que prescinden de ciertos intermediarios y que, frente al régimen jurídico de las infraestructuras de los mercados financieros tradicionales, incluya exenciones respecto del cumplimiento de determinados requisitos regulatorios que se justifican en el caso de las infraestructuras de los mercados financieros “centralizadas”, pero no en el de las descentralizadas. The Federal Council, cit., pp. 107-109.

⁴⁰⁰ ESMA señalaba los requisitos regulatorios que tendrían que cumplir las infraestructuras de los mercados financieros descentralizadas por equiparación con las centralizadas en aplicación del principio de neutralidad tecnológica. Vid. ESMA, “Advice Initial Coin Offerings and Crypto-Assets”, 2019, p. 28,

en las DLTs que se fundamenta en la aplicación de dispensas de los requisitos regulatorios exigibles a las infraestructuras centralizadas.

Las anteriores consideraciones resultan aplicables a las plataformas que constituyen centros de negociación⁴⁰¹; los sistemas que simplemente ponen en contacto a las partes en un régimen de *peer-to-peer* no constituyen espacios regulados y, por tanto, no requieren obtener una autorización administrativa⁴⁰². Los proveedores de servicios que, sin constituir centros de negociación, ofrecen otros servicios de intermediación a los inversores no requerirían autorización como centro de negociación, aunque sí quedarán obligados a obtener una autorización como empresa de servicios de inversión⁴⁰³. Sin embargo, la Propuesta de Reglamento MiCA se convertirá en la norma aplicable a estos proveedores de servicios en virtud del criterio de la ley especial.

Por último, se ha de destacar la eficacia de la normativa suiza de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo para cubrir nuevas formas de llevar a cabo transacciones con una finalidad ilícita. La estrategia que se implementa en Suiza para la determinación de los sujetos obligados es diferente y mejor que la del legislador de la UE, ya que, en lugar de disponer de una lista cerrada de “sujetos obligados”⁴⁰⁴, determina que determinados comerciantes — únicamente aquellos que acepten transacciones en efectivo que superen un umbral económico⁴⁰⁵ — y los intermediarios financieros a estos efectos se considerarán sujetos obligados. Esto permite al Informe del Consejo Federal determinar qué intermediarios deben llevar a cabo las obligaciones de diligencia debida y cuáles no⁴⁰⁶. En cambio, las autoridades en España no pueden exigir el cumplimiento de obligaciones de diligencia debida a intermediarios que no se encuentren incluidos en la lista de sujetos obligados⁴⁰⁷.

disponible en https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/esma50-157-1391_crypto_advice.pdf (última consulta el 25.01.2020).

⁴⁰¹ El Derecho de las infraestructuras de los mercados financieros suizo recoge tres tipos de plataformas donde cabe negociar multilateralmente con instrumentos financieros; se trata de tres figuras equivalentes a las categorías de mercados regulados, sistemas multilaterales de negociación (SMN, en adelante) y sistemas organizados de contratación que recoge el Derecho del mercado de valores español. The Federal Council, cit., pp. 99-102 y Real Decreto-Ley 27/2017, de 29 de diciembre, de medidas urgentes para la adaptación del derecho español a la normativa de la Unión Europea en materia del Mercado de Valores (BOE núm. 317, de 30.12.2017).

⁴⁰² The Federal Council, cit., pp. 99-102.

⁴⁰³ ESMA, “Advice Initial Coin Offerings and Crypto-Assets”, cit., pp. 44-45.

⁴⁰⁴ Art. 2 de la Ley 10/2010.

⁴⁰⁵ The Federal Council, cit., p. 132.

⁴⁰⁶ De acuerdo con el Consejo Federal Suizo los proveedores de servicios de custodia de monederos; las plataformas de intercambio centralizadas que administran los monederos de los inversores; las plataformas de intercambio descentralizadas con “poder de disposición” sobre los *tokens* de los clientes; las oficinas de cambio de divisas; los fondos de inversión que invierten en *tokens*; los proveedores de servicios de pago en criptoactivos, y los emisores de una ICO, siempre que los *tokens* ofrecidos con la emisión puedan servir como medio de pago, deben considerarse sujetos obligados. En cambio, no serán sujetos obligados por no constituir intermediarios financieros a estos efectos: los proveedores del *software* para administrar los monederos que no tengan poder de disposición sobre los *tokens*; las plataformas de intercambio que únicamente pongan en contacto a oferentes y demandantes, siempre que la plataforma no disponga de *smarts contracts* que ejecuten las transacciones; la minería de criptomonedas; las ICO que emiten *asset y utility tokens* que no puedan utilizarse como medios de pago, y, por último, las partes de una transacción que utilizan o aceptan criptoactivos como medio de pago. The Federal Council, cit., pp. 136-140.

⁴⁰⁷ RODRÍGUEZ SAIZ y RODRÍGUEZ SOLER advierten de que nuestro sistema de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo presenta una debilidad consistente en depender de una relación exhaustiva *ex lege* de sujetos obligados, circunstancia que no se produce en el ordenamiento suizo porque este dispone de un concepto material de “intermediario financiero”. De esta manera, la autoridad helvética puede designar como sujeto obligado a llevar a cabo las obligaciones de diligencia debida y de denuncia a una amalgama de nuevos operadores económicos sin necesidad de emprender una reforma legal. RODRÍGUEZ SAIZ, L., RODRÍGUEZ SOLER, L., “Blanqueo de capitales: su prevención y control en el marco de la crisis financiera”, *Revista Española de Control Externo*, Vol. 13, N 39, (2011), p. 165.

En definitiva, la adaptación suiza consiste en prever nuevas autorizaciones especiales y dispensas del cumplimiento de las cargas regulatorias aplicables que ya no resulten proporcionadas debido a las características de las DLTs. Estos ajustes destacados por el Informe del Consejo Federal se han implementado en Suiza a través de una Ley de adaptación de la legislación federal a los desarrollos en la DLT⁴⁰⁸. Se trata de una legislación que no agota todas las cuestiones que suscita la DLT para los ordenamientos jurídicos vigentes⁴⁰⁹. No obstante, Suiza constituye un ejemplo de estrategia regulatoria exitosa para la innovación tecnológica que España debería tener en cuenta.

b. Francia

La jurisdicción gala también ha tomado la iniciativa en materia de regulación de las DLTs. La primera de sus regulaciones consistió en la reforma del Código Monetario y Financiero mediante la Ordonnance n° 2016-520, du 28 de avril 2016, relative aux bons de caisse⁴¹⁰. Esta norma innova el régimen jurídico de los valores en Francia al permitir que determinados *bons de caisse* (títulos de deuda) se representen y transmitan en el marco de una red DLT mediante la creación de un subtipo de *bons de caisse* denominado *minibons*⁴¹¹. No obstante, la norma no resulta aplicable a los valores que constituyan instrumentos financieros, esto es, la reforma no afecta a la normativa que conforma el Derecho del mercado de valores francés, que transpone la legislación de la UE en esta materia.

Una reforma de mayor calado se produjo con la Ordonnance n° 2017-1674, du 8 décembre 2017, relative à l'utilisation d'un dispositif d'enregistrement électronique partagé pour la représentation et la transmission de titres financiers⁴¹², debido a que las posibilidades de representación y transmisión en un registro DLT se extiende a los títulos valores con carácter general. La reforma implanta, por tanto, una equiparación entre el régimen jurídico de las anotaciones en cuenta y la inscripción en un registro DLT⁴¹³, excepto para el caso de instrumentos que tengan que registrarse

⁴⁰⁸ Bundesgesetz zur Anpassung des Bundesrechts an Entwicklungen der Technik verteilter elektronischer Register vom 25. September 2020.

⁴⁰⁹ Recuérdese los problemas de encaje de la DLT con el marco contable y tributario vigente.

⁴¹⁰ JORF n° 0101 du 29 avril 2016.

⁴¹¹ La regulación de los *minibons* se separa del régimen jurídico de los *bons de caisse* o certificados de depósitos. Concretamente, el emisor de los certificados de depósito, que no *minibons*, le expide a su propietario un certificado de la inscripción de la deuda en un libro-registro que lleva el emisor, mientras que la suscripción de los *minibons* tiene lugar a través de la intermediación de empresas de servicios de inversión o asesores de inversiones respecto de valores que se ofrecen en un sitio web. Otros requisitos que el reformado Código Monetario y Financiero establece exclusivamente en relación con los *minibons* aluden a la necesidad de que los sitios webs donde se ofrecen estos *minibons* cumplan con las condiciones que fije un reglamento de la Autoridad de los Mercados Financieros francesa, que el capital de las sociedades emisoras esté totalmente suscrito, que el valor nominal de los *minibons* emitidos sea idéntico, que el montante de la emisión no supere el límite cuantitativo que se fije en el reglamento, que la tasa de interés que remunere la suscripción de los *minibons* sea fija, que el tipo de interés aplicable no se considere usurario y que los *minibons* incluya la información relativa a la empresa de servicios de inversión o asesor financiero que coloca estos bonos según determine el reglamento de la Autoridad de los Mercados Financieros francesa, entre otras cuestiones. Asimismo, el Décret n° 2018-1226, du 24 décembre 2018, relatif à l'utilisation d'un dispositif d'enregistrement électronique partagé pour la représentation et la transmission de titres financiers et pour l'émission et la cession de minibons (JORF n° 0298 du 26 décembre 2018) define las condiciones a las que deberá ajustarse la emisión de los *minibons* y las características de los registros distribuidos donde se representen. La reforma permite, por tanto, sustituir las tradicionales anotaciones en cuenta por inscripciones en un registro distribuido que cumpla con las condiciones del reglamento. Vid. PASTOR SEMPERE, "La seguridad del tráfico...", cit., p. 385.

⁴¹² JORF n° 0287 du 9 décembre de 2017.

⁴¹³ PERNEY, P., PICHON, Q., "Une introduction de la Blockchain en droit français: enjeux et limites", 2018, disponible en <https://revuedesjuristesdesciencespo.com/?p=669> (última consulta el 25.05.19).

obligatoriamente por parte de un depositario central de valores (DCV, en adelante) y liquidarse mediante un sistema de liquidación y entrega de instrumentos financieros⁴¹⁴.

Al igual que el caso suizo, Francia plantea equiparar los efectos jurídicos de la representación de valores en registros centralizados y descentralizados. No obstante, estas reformas tampoco pueden acabar con todas las dudas que suscita esta tecnología⁴¹⁵.

Cabe resaltar que el objeto de esta Ordonnance n° 2017-1674 coincide parcialmente con el de la Propuesta de Reglamento MiCA: la regulación de los criptoactivos a los que no les resulta aplicable la normativa del mercado de valores de la UE, los *non-security tokens*. No obstante, el objeto de la Propuesta de Reglamento se centra en los requisitos regulatorios que deberán cumplir la emisión de criptoactivos, los emisores y los proveedores de servicios relacionados con los criptoactivos y deja, por tanto, sin regular otras cuestiones como la eficacia de la representación y transmisión de los valores en un registro DLT desde el punto de vista de la normativa civil y mercantil⁴¹⁶; la normativa nacional francesa sirve así para cohesionar la regulación de policía que impone la Propuesta de Reglamento de la UE con el encaje de las aplicaciones de esta tecnología en el Derecho nacional francés. Ahora bien, en caso de contradicción entre la normativa nacional y la de la UE, deberá prevalecer esta última.

Por otro lado, esta jurisdicción ha promulgado otras reformas con el fin de adecuar su ordenamiento al desarrollo de los proyectos DLT domiciliados en suelo galo. Así, las propuestas del Informe relativo a las monedas virtuales⁴¹⁷ se han materializado a través de la Ley PACTE⁴¹⁸, una reforma con múltiples implicaciones en el sistema jurídico francés cuyo fin es dinamizar la economía francesa, y la Ley de finanzas para 2019⁴¹⁹.

El análisis francés difiere en algunos aspectos del suizo e incluye nuevas aportaciones. Así, se propone un concepto de criptoactivo con incidencia más allá de la normativa de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo⁴²⁰. Los informantes franceses apuestan por la creación de un concepto amplio de criptoactivo en lugar de utilizar las categorías existentes en el ordenamiento para delimitar el régimen jurídico de los *tokens* o criptoactivos⁴²¹.

⁴¹⁴ En concreto, esta reforma ampara la representación y transmisión en un registro DLT de: los títulos de deuda negociables, las participaciones en instituciones de inversión colectiva y los títulos de capital — acciones y participaciones— y de deuda emitidos por sociedades de capital, siempre que estos valores no se negocien en centros de negociación, esto es, mercados secundarios oficiales y SMN.

⁴¹⁵ La Ordonnance n° 2017-1674 ha dejado sin abordar otros temas relevantes que suscitan las aplicaciones de las DLTs, tales como la regulación de las ICO, los aspectos de fiscales de la realización de transacciones a través de esta tecnología, la gobernanza de la red de nodos o la compatibilidad de las DLTs con la normativa de protección de datos. Vid. DREY, F., “Blockchain et régulation, vaste programme!”, 2018, disponible en <https://www.village-justice.com/articles/blockchain-regulation-vaste-programme,27159.html> (última consulta el 25.04.2019).

Entre las materias que no ha tratado la norma destaca la ausencia de la regulación de los criptoactivos representativos de derechos sobre bienes materiales, hecho que demuestra que dotar a las DLTs de los efectos propios de un sistema registral de protección de la propiedad todavía despierta recelos.

⁴¹⁶ Art. 1 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

⁴¹⁷ WOERTH, et al., cit., p. 19.

⁴¹⁸ Loi n° 2019-486, du 22 mai 2019, relative à la croissance et la transformation des entreprises (JORF n° 0119 du 23 mai de 2019).

⁴¹⁹ Loi n° 2018-1317, du 28 décembre 2018, de finances pour 2019 (JORF n° 0302 du 30 décembre 2018).

⁴²⁰ WOERTH et al., cit., p. 61.

La Propuesta de MiCA también aporta una definición de criptoactivo de alcance general. De hecho, esta segunda descripción del criptoactivo permite cubrir casos de monedas virtuales que entrañan derechos contra un emisor.

⁴²¹ Este quebrantamiento del principio de neutralidad tecnológica se justificaría en el hecho de que, en primer lugar, existen divergencias —y dificultades provocadas por la ausencia de pronunciamiento por parte de la normativa del mercado de valores sobre los criptoactivos— en los distintos ordenamientos

Otra novedad del informe galo se produce con el análisis de las consecuencias tributarias de los criptoactivos. En cuanto a la tributación directa, destaca el hecho de que los rendimientos obtenidos con los criptoactivos se gravarán conforme a diversos regímenes⁴²². Como resultado de la no adaptación del ordenamiento, el régimen fiscal para los criptoactivos se estima desfavorable en comparación con la tributación a la que se someten los rendimientos del capital mobiliario, esto es, aquellos que se obtienen con los instrumentos financieros tradicionales⁴²³. Asimismo, la consideración de los criptoactivos como bienes muebles intangibles, cuya transferencia implica en cualquier caso la generación de una ganancia patrimonial imponible o pérdida patrimonial no compensable, da lugar a otras disfunciones, como el hecho de que la aportación de criptoactivos al capital de sociedades genere un hecho imponible con ocasión de la manifestación de una ganancia patrimonial que no se daría si se utilizasen euros⁴²⁴. Otros fenómenos de la criptoeconomía que, a tenor de la literalidad del derecho positivo tributario, generan hechos imposables que no casan adecuadamente con la naturaleza económica de las operaciones en las que se producen vienen dados por la emisión de criptoactivos a través de ICO o la actividad de minado⁴²⁵.

Una vez expuestas las disfunciones, los expertos franceses han presentado una serie de propuestas de reforma. Destaca la asimilación de las ganancias obtenidas con criptoactivos con los rendimientos que producen los instrumentos financieros tradicionales⁴²⁶, aunque únicamente para

jurídicos nacionales en torno a la calificación de los criptoactivos y, por otro lado, porque resulta muy difícil encasillar a los criptoactivos en una única categoría, dado los múltiples usos que estos pueden ofrecer y su mutabilidad. En cualquier caso, este tratamiento unitario no impediría el hecho de que unos criptoactivos se calificasen como valores negociables y otros no. WOERTH et al., cit., pp. 62-63.

⁴²² Dado que los Bitcoins constituyen bienes muebles incorpóreos, las ganancias obtenidas con su transferencia se someten al régimen fiscal de las plusvalías derivadas de la cesión de bienes muebles, régimen que implica el gravamen a un tipo fijo al que, por otro lado, hay que añadir otra cuota formada por las cotizaciones sociales que el contribuyente debe ingresar. Sin embargo, este tratamiento fiscal solo podrá aplicarse en los casos donde no quepa la posibilidad de calificar los ingresos obtenidos con los criptoactivos como rendimientos sometidos a otros regímenes de tributación. En particular, cabe destacar que la doctrina francesa alerta de la posibilidad de que los ingresos obtenidos en el marco de una actividad profesional, ya se trate del minado o de la actividad de reventa, se sometan a un baremo progresivo, mientras que los particulares que actúan fuera de su actividad profesional se benefician de un tipo de gravamen plano. WOERTH et al., cit., pp. 71-72.

⁴²³ WOERTH et al., cit., pp. 71-72.

⁴²⁴ WOERTH et al., cit., pp. 80-81.

⁴²⁵ En el primer caso, cabe dudar de si la colocación de los criptoactivos en una ICO integra el volumen de negocios del emisor y, por tanto, debe tributar por esta en los impuestos correspondientes y de si la ICO constituye una prestación de servicios sujeta a IVA que no permite a la emisora deducirse el IVA soportado respecto del IVA repercutido en la ICO. En el segundo, los mineros quedarían sujetos a ingresar el IVA correspondiente a su servicio; no obstante, el problema reside en que ni disponen de un sujeto al que repercutir el pago del IVA ni podrían deducirse el IVA soportado en el caso de que se les eximiera del pago del IVA. WOERTH et al., cit., pp. 80-83.

⁴²⁶ La asimilación no se ha limitado a la aplicación del tipo de gravamen fijo del 30 %, puesto que se ha extendido al régimen tributario de las ganancias que los particulares no profesionales obtienen con los criptoactivos la operativa *cash in/cash out*. Esta determina que la ganancia o pérdida patrimonial que va a tributar es el resultado de la suma de todas las ganancias o pérdidas patrimoniales de las transacciones sujetas al impuesto por un periodo de tiempo. En particular, la ganancia o pérdida patrimonial final equivaldrá a la diferencia entre el precio ponderado de venta de los criptoactivos y el valor de la inversión inicial. El reembolso de los criptoactivos por euros en la cuenta bancaria del particular constituye el hito que genera la ganancia patrimonial final a efectos fiscales. De esta manera, se evitaría que otras operaciones como la aportación de criptoactivos al capital de sociedades genere un rendimiento de capital que resulte exigible con carácter inmediato. Vid. WOERTH et al., cit., p. 87.

Cabe destacar que el hecho de que el pago de los impuestos quede diferido hasta la “repatriación” del poder adquisitivo en las cuentas bancarias puede suponer un incentivo, precisamente, para no convertir los criptoactivos en euros depositados en cuentas corrientes. Por lo tanto, y sin perjuicio de que disponer de un

el caso de que los contribuyentes no se dediquen profesionalmente a la compraventa de criptoactivos⁴²⁷.

En el caso de la tributación indirecta, los informantes franceses alertan sobre el hecho de que la actividad de minería se encuentra sujeta al Impuesto sobre el Valor Añadido⁴²⁸. Esta sujeción perjudicaría gravemente al minero; no podría repercutir el importe del impuesto, puesto que no prestaría sus servicios a un usuario concreto. Asimismo, otorgar a los mineros una exención en el IVA no soluciona el problema, ya que de esta manera se eliminaría la posibilidad de que estos se deduzcan el IVA soportado⁴²⁹. Asimismo, la imposición en el IVA con motivo de una ICO se producirá siempre que los criptoactivos ofrecidos no constituyan una deuda para su emisor. En consecuencia, si los criptoactivos emitidos representan para sus adquirentes un derecho sobre un bien o servicio futuro, la ICO quedará sujeta al IVA. En definitiva, únicamente la emisión de *non-security tokens* quedará gravada en el IVA⁴³⁰. La modificación propuesta consiste en aplazar el ingreso de la cuota tributaria al ejercicio en el que tenga lugar la efectiva prestación del servicio⁴³¹.

Desde el legislativo francés también se afirma la necesidad de gravar en el IVA las adquisiciones de bienes y servicios que se producen con criptomonedas⁴³². Se trata de un planteamiento coherente con la calificación de las criptomonedas como medio de pago por parte de la sentencia del TJUE de 22 de octubre de 2015⁴³³.

Por otro lado, los informantes franceses también han recomendado incorporar diversos incentivos fiscales y regulatorios para promover la criptoeconomía en Francia. Se destaca en este sentido, el otorgamiento a los mineros de la cualidad de consumidores electro-intensivos⁴³⁴.

Otras propuestas que presentan los investigadores galos se centran en incentivar el sometimiento voluntario de los emisores y los mercados secundarios de criptoactivos a la supervisión de las autoridades financieras de la jurisdicción francesa, dado que la ausencia de controles supone un

marco jurídico adaptado constituya una ventaja competitiva frente a las jurisdicciones que permanecen pasivas, algunas de las soluciones que propone el informe de la Asamblea Nacional solo parecen adecuadas para el caso de que la actividad económica relacionada con los criptoactivos resulte marginal.

⁴²⁷ Los particulares que se dediquen a título profesional al *trading* de criptoactivos verán sus ingresos gravados en concepto de beneficios industriales y comerciales a una escala de gravamen progresiva. La necesidad de distinguir entre contribuyentes profesionales y no profesionales también se produce en el marco jurídico español. Vid. EGEA PÉREZ-CARASA, cit., pp. 147-148.

Por otro lado, conviene aclarar que la calificación de los ingresos derivados de la minería como rendimientos de la actividad económica permite la deducción de los gastos necesarios en los que el minero haya incurrido, básicamente de electricidad. Vid. CASANUEVA CAÑETE, D., LÓPEZ DE LA CRUZ, N., “El concepto de criptomoneda y breves consideraciones en torno a su tributación”, *Documentos-Instituto de Estudios Fiscales*, N 10, (2018), pp. 82-84.

⁴²⁸ En España, en cambio, la Administración Tributaria habría considerado que el minado de criptomonedas no constituiría una actividad sujeta al IVA en la medida en que no conlleva la prestación de un servicio. PEDREIRA MENÉNDEZ, ÁLVAREZ PÉREZ, cit., pp. 24-25.

⁴²⁹ WOERTH et al., cit., p. 77.

⁴³⁰ Se aplicaría a las ICO el tratamiento tributario de las Ofertas Públicas de Venta de Valores (OPV). No obstante, en la ICO, a diferencia de la OPV, el capital percibido no tiene por qué componer el pasivo de la entidad financiada. Si no asume una deuda, el emisor deberá tributar por las cantidades que capte en concepto de ingresos anticipados por las futuras ventas de bienes o prestaciones de servicios. GRACIA ESPINAR, VIÑAS RUEDA cit., p. 302.

⁴³¹ WOERTH et al., cit., p. 88.

También en este sentido para el caso de EEUU, SHAKOW, D.J., “The Tax Treatment of Tokens: What Does It Betoken?”, 2017, p. 6., disponible en https://scholarship.law.upenn.edu/faculty_scholarship/1942/ (última consulta el 19.10.2021).

⁴³² WOERTH et al., cit., p. 88.

⁴³³ De acuerdo con la citada sentencia, la divisa virtual “Bitcoin” no tiene ninguna finalidad distinta de la de ser un medio de pago. En consecuencia, el tratamiento tributario de las criptomonedas, en la imposición indirecta, se asimila al de las divisas.

⁴³⁴ WOERTH et al., cit., pp. 77-78.

riesgo para los inversores⁴³⁵. La novedad en este sentido consistió en el desarrollo de un régimen jurídico *ad hoc* para emisores y mercados secundarios de criptoactivos a modo de sistema de certificación administrativa de su seriedad y de la ausencia de indicios de fraude⁴³⁶. No obstante, se ha de señalar que este modelo de cumplimiento voluntario se ve seriamente limitado por la pertenencia de Francia (y de otros Estados miembros que pretendan reproducir esta estrategia) a la UE. Esto se debe a que, con la publicación de la Propuesta de Reglamento MiCA, las normas de la UE pretenden cubrir tanto la regulación de los criptoactivos que constituyen valores negociables como de los que no, así como de las infraestructuras de los mercados de criptoactivos. Asimismo, resulta preferible que las posibles lagunas regulatorias se afronten desde las instancias de la UE.

En definitiva, el Derecho francés puede prever incentivos para atraer empresas innovadoras a su jurisdicción. Sin embargo, queda fuera del alcance de las autoridades francesas diseñar un marco jurídico omnicompreensivo de la criptoconomía debido a la pertenencia de Francia a la UE. La regulación de los criptoactivos, de sus servicios y de las infraestructuras que dan soporte a las transacciones anotadas en los registros DLT debe venir dada por la UE.

c. Estados Unidos

La situación de la regulación de la DLT en EEUU se caracteriza por la dispersión normativa como consecuencia de la estructura federal en la que se articula territorialmente el país. Así, de un lado, cabe destacar que algunos Estados han decidido regular aplicaciones o aspectos parciales de la DLT. De otro, algunas agencias administrativas de ámbito nacional o federal han facilitado criterios interpretativos acerca de la aplicación de la normativa vigente a los criptoactivos y otros fenómenos de la criptoconomía. Sin embargo, incluso en el caso de las agencias federales, se ha de destacar la ausencia de un tratamiento uniforme de la materia, ya que cada Administración realiza un tratamiento sectorial⁴³⁷.

El poder legislativo federal ha publicado resoluciones sobre la materia, como la *Expressing support for digital currencies and blockchain technology*⁴³⁸ y leyes incentivadoras, entre las cuales se encuentran la *Blockchain Regulatory Certainty Act*⁴³⁹, la *Safe Harbor for Taxpayers with Forked Assets Act*⁴⁴⁰, la *Virtual Currency Consumer Protection Act*⁴⁴¹ y la *Virtual Currency Market and Regulatory Competitiveness Act*⁴⁴².

⁴³⁵ WOERTH et al., cit., p. 99.

⁴³⁶ Para conceder la visa o certificación administrativa, el supervisor de valores francés deberá comprobar el contenido del *White Paper* para garantizar su veracidad. No obstante, los informantes sugieren que el objeto de la comprobación debe extenderse para abarcar así la viabilidad del proyecto que se financia con la suscripción de los *tokens*. El motivo de esta propuesta de ampliación del objeto de la certificación es el de tratar de asegurar que ninguna ICO con finalidad fraudulenta acceda a la visa que concede el supervisor. WOERTH et al., cit., pp. 106-109.

⁴³⁷ Así, la Securities Exchange Commission (SEC, en adelante), la U.S. Commodity Futures Trading Commission (CFTC, en adelante) y la Internal Revenue Service (IRS, en adelante), como principales agencias independientes de EEUU llevan a cabo un análisis de los criptoactivos únicamente desde la perspectiva del marco legal que deben supervisar según sus estatutos. Por otro lado, la falta de tratamiento unitario no elimina el hecho de que los pronunciamientos de estas autoridades aporten a los particulares certeza respecto del cumplimiento de las regulaciones federales.

⁴³⁸ H. Res.1102 - *Expressing support for digital currencies and blockchain technology*. 115th Congress (2017-2018).

⁴³⁹ H.R.528 - *Blockchain Regulatory Certainty Act* 116th Congress (2019-2020).

⁴⁴⁰ H.R.6973 - *Safe Harbor for Taxpayers with Forked Assets Act* of 2018 115th Congress (2017-2018).

⁴⁴¹ H.R.7224 - *Virtual Currency Consumer Protection Act* of 2018 115th Congress (2017-2018).

⁴⁴² H.R.7225 - *U.S. Virtual Currency Market and Regulatory Competitiveness Act* of 2018 115th Congress (2017-2018).

El alcance de estas acciones del legislativo federal estadounidense es, paradójicamente, limitado⁴⁴³. Cabe destacar que la Blockchain Regulatory Certainty Act trata de acabar con la incertidumbre jurídica que pueda suscitar la responsabilidad de los desarrolladores del *software* de aplicaciones descentralizadas y de los proveedores de servicios relacionados con los criptoactivos por las posibles infracciones de las normativas federales o estatales que se produzcan en el marco de un registro DLT⁴⁴⁴. Con esta norma, la legislación estadounidense ha pretendido aportar seguridad y flexibilidad jurídica a desarrolladores y proveedores de servicios *Blockchain* o descentralizados que no pueden disponer de los criptoactivos de los usuarios al eximirles expresamente de la obligación de obtener una autorización como proveedores de servicios de pago.

La Safe Harbor for Taxpayers with Forked Assets Act de 2018 prevé una dispensa de aplicación de recargos y sanciones para los casos en los que se hayan producido errores en las autoliquidaciones de los particulares por los rendimientos obtenidos con criptoactivos que procedan o que hayan experimentado una bifurcación o *fork*. La norma introduce una medida interesante que podría reproducirse en otros ámbitos en los que la aplicación de las disposiciones regulatorias, tributarias y contables a las aplicaciones de las DLTs generan incertidumbre. Así, hasta que no se clarifique el régimen jurídico de una aplicación DLT, las autoridades no sancionarán por la errónea interpretación que realicen los operadores económicos de las normas aplicables a los productos de estas tecnologías.

En definitiva, la estrategia regulatoria federal de las DLTs constituye una aproximación cauta al fenómeno que pretende, por un lado, aclarar el régimen jurídico de control administrativo al que quedan sujetos desarrolladores y prestadores de servicios DLT⁴⁴⁵ y, de otro, facilitar la tributación de las ganancias obtenidas con las criptomonedas.

⁴⁴³ En este sentido, la resolución no deja de ser una declaración de intenciones del deseo de promover el crecimiento del sector DLT, incluso de las criptomonedas, y prevenir los posibles usos delictivos de estas tecnologías. Las últimas dos leyes constituyen mandatos del Congreso de los EEUU a las agencias federales para que lleven a cabo el estudio de la regulación de las aplicaciones de las DLTs y de los medios necesarios para evitar la utilización de estas tecnologías con una finalidad delictiva.

⁴⁴⁴ La norma aclara que estos actores no resultarán responsables por dichas infracciones en la medida en que no dispongan de capacidad para controlar la red DLT una vez que esta ha sido desplegada. Asimismo, la ley implica que un desarrollador o un proveedor de servicios que opere en un registro DLT que permite realizar pagos, como Bitcoin, no requerirá obtener autorización como proveedor de servicios de pago, siempre que no disponga del control sobre las operaciones de pago de los usuarios. A continuación, la norma define los conceptos necesarios para poder delimitar el alcance de estas exenciones de responsabilidad. Así, “el desarrollador de *Blockchain*” es la persona o conjunto de personas que crea, distribuye o mantiene el *software* que permite implementar una red o aplicación DLT. El “servicio *Blockchain*”, que presta un proveedor, es aquel que permite a los clientes acceder a una red *Blockchain*, esto es, los proveedores de servicios *Blockchain* son aquellos sujetos que facilitan un medio para acceder a las redes DLT. Por último, la norma define el “control” como la capacidad, el derecho o la potestad de iniciar transacciones por cuenta de los usuarios. Esto significa que, por ejemplo, en el caso de Litecoin — una aplicación DLT para realizar pagos sin autoridad central — ni los desarrolladores de este *software* ni el titular del servicio que permite a los usuarios acceder a la red para realizar pagos requerirán obtener autorización como proveedor de servicios de pago, siempre y cuando no dispongan de la capacidad para realizar pagos por cuenta de sus usuarios.

⁴⁴⁵ No obstante, esta intervención legislativa no despeja todas las dudas que suscita la responsabilidad (extra)contractual de los desarrolladores y prestadores de servicios DLT. En este sentido, las consecuencias de los daños generados por un deficiente desarrollo de los *smart contracts* habría requerido un tratamiento específico. OROZCO PARDO escribió que el régimen de responsabilidad del prestador de servicios informáticos —entre los cuales debe incluirse a los desarrolladores de *software*— se halla en el régimen general de responsabilidad de los prestadores de servicios defectuosos. Este régimen, regulado en España en el artículo 147 del TRLGDCU, implica una responsabilidad cuasi objetiva. Esto significa que corresponde al profesional la carga de la prueba del cumplimiento del estándar de diligencia que le resulta exigible, parámetro que determina su (i)responsabilidad por los daños que resultan imputables a una obra de su creación. Por otro lado, en el caso de las relaciones contractuales articuladas a través de licencias de

Por su parte, la *Uniform Law Commission* o Comisión de Derecho Uniforme, institución que promueve la coordinación de las legislaciones estatales en EEUU, ha aportado un marco para promover una regulación uniforme de los servicios de criptoactivos (*Uniform Regulation of Virtual-Currency Businesses Act*)⁴⁴⁶. El texto propone un régimen jurídico para los proveedores de servicios de criptoactivos que dirijan su actividad hacia los residentes estadounidenses. Se trata de un control mediante la imposición de obligaciones de registro y licencia que resultaría exigible siempre que el inversor opere con criptoactivos, el prestador de servicios ofrezca un “servicio de criptoactivos” y no pueda aplicarse ninguna de las exenciones que la norma prevé. El incumplimiento de la normativa dará lugar a medidas ejecutivas y responsabilidad civil, responsabilidad que podrá invocarse tanto por parte de la Administración Pública como de los particulares afectados. Nueva York y Luisiana han adoptado regulaciones de esta índole.

Acerca de las legislaciones estatales, lo cierto es que, aunque todas comparten el objetivo común de atraer a las empresas del sector, no aportan verdaderas soluciones a los problemas regulatorios que plantean las aplicaciones de las DLTs. Esto se debe a que estas *Acts* o leyes suelen limitarse a reconocer efectos jurídicos a los datos que se inscriben en los registros DLT, circunstancia que no innova realmente el ordenamiento si otra norma jurídica reconociese a las DLTs tácitamente esta eficacia⁴⁴⁷. En otras ocasiones, sin embargo, los pronunciamientos de las Asambleas

uso, los licenciarios, ante supuestos de falta de conformidad y de daños provocados por el programa, podrán ejercer los remedios contractuales clásicos frente a sus contrapartes. Asimismo, resultarán aplicables las reglas de la responsabilidad extracontractual en ausencia de relación contractual y, por último, las normas de responsabilidad por producto o servicio defectuoso cuando el programa informático genere problemas de seguridad. Vid. OROZCO PARDO, G., “Responsabilidad Civil en Materia de Informática”, *Informática y Derecho: Revista Iberoamericana de Derecho Informático*, N 19, (1998), pp. 197-201 y RODRÍGUEZ DE LAS HERAS BALLELL, T., “La responsabilidad por «software» defectuoso en la contratación mercantil”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 10, (2006), p. 10 (de la base de datos Aranzadi Instituciones).

Sin embargo, los profesionales entienden que este régimen de responsabilidad resulta inadecuado para su actividad, especialmente en el caso de la programación de código abierto. Piénsese que en este supuesto suele producirse una contribución colectiva no organizada de distintos desarrolladores y que no se perfeccionan relaciones contractuales entre los desarrolladores y los usuarios que descargan los programas, tal y como ocurre en el caso de Bitcoin. Además, cabe destacar que semejante régimen de responsabilidad aplicado al *software* que conforma las redes DLT puede provocar problemas de imputación y de ejecución de sentencias. Vid. MOODY, G., “Should Software Developers Be Liable for their Code?”, 2009, disponible en <https://www.linuxjournal.com/content/should-software-developers-be-liable-their-code> (última consulta el 14.05.2019).

Por otra parte, como ya se ha dicho, la publicación del código de un *smart contract* en plataformas descentralizadas suele venir acompañada del lema *Code is Law*. Este constituye una suerte de aviso de la irresponsabilidad de los desarrolladores de estos programas por los defectos que estos puedan contener, de tal manera que las consecuencias de un desarrollo defectuoso se asumen por parte de usuarios que los suscriben. En este sentido, se ha de reconocer que la descentralización y distribución de las redes DLT públicas y no permissionadas impide que los ordenamientos jurídicos puedan imponer sus criterios. Por lo tanto, cabe concluir que el silencio del legislador federal estadounidense respecto de este extremo puede deberse a su incapacidad para aportar soluciones regulatorias eficaces.

⁴⁴⁶ WATSON, K.P., “Uniform Regulation of Virtual-Currency Businesses Act Offers States Regulatory Framework for the Virtual Currency Industry.”, 2018, disponible en http://www.burr.com/wp-content/uploads/2018/01/Blog_Uniform-Regulation-of-Virtual-Currency-Businesses-Act-Offers-States-Regulatory-Framework-for-the-Virtual-Currency-Industry.pdf (última consulta 05.07.2021).

⁴⁴⁷ A título de ejemplo, la Ley del Estado de Arizona, con denominación *Signatures and records secured through blockchain technology* dispone, por ejemplo, sobre las firmas electrónicas que contiene un registro DLT que: “una firma representada a través de la tecnología Blockchain se considera que se encuentra en un formato electrónico y que es una firma electrónica”. Vid. AZ Rev Stat § 44-7061 (2019).

JEFFRIES ha dudado de la idoneidad de estas legislaciones estatales porque las definiciones que contienen no aportan prácticamente nada al conocimiento que ya se dispone de las DLTs e, incluso, podrían excluir injustamente de los beneficios que otorga el reconocimiento legal a los registros DLT que no cumplan

Legislativas estatales otorgan verdaderamente nuevos efectos jurídicos a los registros DLT, especialmente en determinados ámbitos en los que el ordenamiento jurídico exige una forma determinada para proteger la posición jurídica en cuestión⁴⁴⁸. Así, la reforma de la *Delaware General Corporate Law* permite representar las acciones de sociedades mediante la DLT; la norma autoriza una representación de acciones que anteriormente no estaba permitida, debido a la que la Ley de Sociedades no reconocía expresamente dicha posibilidad⁴⁴⁹. Además, en dichos casos, la Ley suele condicionar las características que el registro DLT debe reunir para que esta equiparación legal resulte posible⁴⁵⁰.

Al igual que el caso suizo, la innovación tecnológica ha provocado que en EEUU se desarrollen nuevas categorías de entidades de crédito. Así, el Estado de Wyoming ha desarrollado un nuevo régimen jurídico para las *Special Purpose Depository Institutions*. Una vez más, la autorización creada no permite la actividad de intermediación crediticia consistente en la utilización de depósitos para financiar la concesión de créditos. No obstante, podrán acogerse a este régimen jurídico emisores de *stablecoins* que permanecen al margen de la política monetaria de la Reserva Federal y que proporcionan distintos servicios a sus clientes⁴⁵¹. De hecho, a nivel federal, el Office of the Controller of the Currency (OCC), el supervisor bancario estadounidense, ya ha aclarado la posibilidad de que las entidades de crédito custodien las claves de criptoactivos y almacenen la reserva de activos de una *stablecoin*⁴⁵². Por su parte, la UE ha optado por regular la emisión de criptoactivos y de criptomonedas que constituyen monedas virtuales estables o *stablecoins* en la Propuesta de Reglamento MiCA.

d. Reino Unido

El supervisor financiero británico, la Financial Conduct Authority o FCA en adelante, distingue dos ámbitos que debe abordar la regulación de las DLTs; cada uno presidido por unos principios distintos y que plantean amenazas de diverso orden. Así, en primer lugar, se propugna establecer

íntegramente con alguno de los elementos que contenga la definición por la que se opte. En este sentido, si la definición alude al carácter descentralizado de la red, se dejarían fuera del ámbito de aplicación de la norma a todos aquellos registros que contengan un cierto grado de centralización que no alcance a desnaturalizar su condición de registro DLT.

También preocupa la posibilidad de que el entusiasmo por atraer empresas tecnológicas degenera en la precipitada decisión de prestar servicios públicos fundamentales a través de arquitecturas constituidas sobre la base de las DLTs, unas tecnologías que todavía son inmaduras y que plantean muchas incertidumbres de índole legal y tecnológica.

JEFFRIES, A., “Blockchain laws tend to be hasty, unnecessary, and extremely thirsty”, 2018, disponible en <https://www.theverge.com/2018/3/29/17176596/blockchain-bitcoin-cryptocurrency-state-law-legislation> (última consulta 15.05.2019).

⁴⁴⁸ Recuérdese los problemas derivados de la falta de adaptación de los registros DLT a la normativa del mercado de valores y al sistema de publicidad registral que los poderes públicos establecen para la protección de los derechos reales.

⁴⁴⁹ SANTORI, M. A., “Delaware Share Ownership and the Blockchain”, 2016, disponible en <https://corpgov.law.harvard.edu/2016/06/24/delaware-share-ownership-and-the-blockchain/> (última consulta el 08.02.2021).

⁴⁵⁰ GARIMELLA, K.K., “Implications of the Delaware Blockchain Amendments”, 2019, disponible en <https://www.linkedin.com/pulse/implications-delaware-blockchain-amendments-kiran-k-garimella/> (última consulta el 08.02.2021).

⁴⁵¹ El concepto de moneda virtual estable o *stablecoin* se tratará más adelante con mayor profundidad. Sin embargo, cabe observar en este momento que un régimen jurídico de estas características tendría mucha importancia en la medida en que las monedas estables pueden constituir una alternativa viable tanto para el predominante *dinero bancario* denominado en la moneda de curso legal como para otras clases de *dinero* que rivalizan con este, como las criptomonedas descentralizadas clásicas o el dinero digital del banco central.

⁴⁵² CALOMIRIS, C.W. “Chartering the FinTech future”, 2020, pp. 16-24, disponible en <https://www.occ.gov/publications-and-resources/publications/economics/working-papers-banking-perf-reg/pub-econ-working-paper-chartering-fintech-future.pdf> (última consulta última consulta el 09.02.2021).

una estrategia regulatoria que afronte el fenómeno de la DLT “en general”. Esta primera perspectiva plantea abordar problemas estructurales de estas tecnologías que menoscaban su desarrollo, tales como: falta de interoperabilidad de las redes DLT; restricciones a la competencia; arquitectura incompatible con las legislaciones aplicables; ausencia de una política de gobernanza en la red; arbitraje regulatorio y ausencia de un *level playing field* entre las empresas *incumbentes* y las *disruptivas*, etc⁴⁵³. Por otro lado, la regulación de las DLTs también debe tratar cuestiones más específicas, entre las que se encuentran: la normativa a la que se sujetan los *tokens* o criptoactivos; la prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo con criptoactivos; la desprotección de los consumidores e inversores de criptoactivos; la integridad de los mercados de criptoactivos; el tratamiento de los potenciales riesgos de los criptoactivos para la estabilidad financiera, etc⁴⁵⁴.

El primer enfoque se caracteriza por la aplicación del principio de neutralidad tecnológica, circunstancia que provocará que las autoridades se abstengan de publicar una regulación general de las DLTs; el segundo, en cambio, permitirá que los legisladores emprendan acciones normativas para ajustar el marco jurídico a las características de las DLTs⁴⁵⁵.

La perspectiva dual del supervisor británico constituye una metodología eficaz en la medida en que busca aclarar las implicaciones generales de las DLTs en el ordenamiento jurídico sin regularla directamente. Este axioma, por otro lado, no perjudica la posibilidad de establecer modificaciones legislativas puntuales que permitan implementar adecuadamente las aplicaciones de las DLTs en el sistema jurídico nacional.

e. Italia

Por último, se ha de destacar cómo la República Italiana ha tratado de aclarar mediante su legislación, el Decreto-Ley convertido con modificaciones por Ley de 11 de febrero de 2019⁴⁵⁶, el encaje de las DLTs en la normativa europea de identificación electrónica y los servicios de confianza. Según su art. 8ter, apartado tercero, el almacenamiento de un documento electrónico en un registro constituido con las DLTs que cumpla con los requisitos técnicos que establezca la Agencia para la Italia Digital implica la validación temporal del documento inscrito, esto es, la información registrada en la red DLT que cumpla con las características técnicas requeridas tiene efectos de sello de tiempo electrónico (no cualificado)⁴⁵⁷. A estos efectos, un sello de tiempo electrónico garantiza que un documento electrónico, cualquier tipo de dato en realidad, existe y no ha sido alterado desde un instante concreto. En definitiva, se trata de una función que indicaría el momento exacto en el que el documento se adhiere al historial de transacciones del registro DLT⁴⁵⁸. No obstante, los efectos jurídicos reconocidos no otorgan ni una presunción de exactitud sobre la fecha y hora de inscripción en el registro DLT ni una presunción de integridad de los datos introducidos. Estas presunciones de exactitud e integridad quedan reservadas en favor del sello de tiempo cualificado, y el art. 8ter comentado únicamente equipara la validación temporal que conlleva la inscripción en un registro DLT con el sello de tiempo electrónico no cualificado. La norma, por tanto, se limita a aclarar que las DLTs pueden producir los efectos propios de un

⁴⁵³ FCA, “Cryptoassets Taskforce: final report”, pp. 27-28, disponible en <https://www.gov.uk/government/publications/cryptoassets-taskforce> (última consulta el 15.05.2019).

⁴⁵⁴ FCA, “Cryptoassets...”, cit., pp. 33-39.

⁴⁵⁵ FCA, “Cryptoassets...”, cit., p. 29.

⁴⁵⁶ Se trata de la conocida como Ley de *semplificazioni*. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135, recante disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione. (19G00017) (GU n.36 del 12-02-2019).

⁴⁵⁷ PASTOR SEMPERE, “La seguridad del tráfico...”, cit., p. 370-371.

⁴⁵⁸ Vid. art. 3, definición 33, del Reglamento (UE) 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE (DOUE L 257/73, 28.8.2014).

sello de tiempo electrónico, aunque queda fuera de su alcance reconocerle la eficacia de un sellado temporal cualificado.

Por otro lado, la reforma no contiene ningún pronunciamiento sobre las DLTs como sistema de identificación o firma electrónica. Habida cuenta de la estrecha vinculación entre la firma e identificación electrónica y el sello de tiempo electrónico⁴⁵⁹, el legislador español debería aclarar con carácter general los efectos jurídicos de los “servicios de confianza”⁴⁶⁰ de las DLTs si considerase emprender una innovación normativa similar a la italiana. Es más, con la finalidad de favorecer el desarrollo del Mercado Único Digital, las instituciones de la UE deben plantearse la modificación del Reglamento eIDAS para despejar cualquier género de duda acerca de la eficacia jurídica que produce la entrada de información en un registro DLT, y los requisitos técnicos que estos deben cumplir para que los datos inscritos alcancen efectos similares a los servicios de confianza centralizados. Específicamente, en las instituciones de la UE debe plantearse un debate científico acerca de la posibilidad de otorgar a las DLTs la eficacia propia de las firmas y sellos de tiempo cualificados y las condiciones que los registros distribuidos deberán observar para que tenga lugar dicho reconocimiento jurídico.

Asimismo, el apartado segundo del art. 8ter de la Ley de *semplificazioni* prescribe que el requisito legal de la forma escrita de los contratos, que el ordenamiento impone a determinados negocios jurídicos⁴⁶¹, únicamente podrá entenderse cumplido en caso de utilización de los *smart contracts* si resulta posible identificar a las partes conforme a un proceso que cumpla con los requisitos exigidos por la Agencia para la Italia Digital. Esta determinación, no obstante, resulta inadecuada en la medida en que la constancia del negocio jurídico en soporte electrónico debe bastar para satisfacer la exigencia de forma escrita⁴⁶². La equivalencia entre el soporte informático y la forma escrita debe tener lugar sin perjuicio de que la normativa exija medidas tuitivas adicionales, especialmente en el marco del Derecho del consumo, como proporcionar al adherente la traducción del *smart contract* como programa informático a lenguaje natural.

B. Recepción en el ordenamiento español

La regulación de las DLTs no ha constituido una de las prioridades del legislador español en los últimos años. De hecho, entre las escasas intervenciones de las autoridades españolas en la materia destacan aquellas que se dirigieron precisamente a restringir ciertos usos de las DLTs⁴⁶³. No

⁴⁵⁹ ROMERO DE TEJADA, M., “El sellado de tiempo y su relación con la firma electrónica”, 2017, disponible en <https://blog.signaturit.com/es/que-es-sellado-de-tiempo-y-su-autoridad> (última consulta el 10.02.2021).

⁴⁶⁰ El Reglamento UE relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior, o Reglamento eIDAS, configura al servicio de confianza como prestación llevada a cabo habitualmente a cambio de una remuneración, esto es, por partes de instituciones “centralizadas”. No obstante, considero que el avance que este ámbito representan las DLTs permitirá hablar de “servicios de confianza descentralizados”.

⁴⁶¹ Para el caso español, vid. el art. 1280 Cc.

⁴⁶² Art. 23 LSSICE.

⁴⁶³ El objeto de la primera normativa a nivel estatal que prevé medidas en relación con las DLTs viene a restringir su empleo por parte de determinadas AAPP. Se trata del Real Decreto-ley 14/2019, de 31 de octubre, por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones (BOE núm. 266, de 05.11.2019). La norma gubernativa modifica distintas disposiciones para regular la “gestión de la identidad” de los ciudadanos que las AAPP pueden realizar en virtud de las DLTs en un sentido restrictivo. Esta regulación vino dada por el anuncio de la futura licitación de un proyecto de identificación electrónica auto soberana conocido como identiCAT, esto es, una suerte de “DNI catalán” basado en las DLTs.

Tras la reforma efectuada, los sistemas de identificación electrónica no basados en certificados electrónicos cualificados expedidos por prestadores incluidos en la “Lista de confianza de prestadores de servicios de certificación” deberán aprobarse por el Gobierno de la Nación. Asimismo, los recursos técnicos que las AAPP utilicen para la gestión de sus sistemas *proprios* de identificación electrónica deberán localizarse en la jurisdicción de la UE y, en el caso de que se traten categorías especiales de datos, los servidores deberán

obstante, lo anterior no ha impedido que las DLTs constituyan un tema de enorme interés para la doctrina, interesada en sus posibles aplicaciones y consecuencias jurídicas.

A continuación, de acuerdo con el enfoque metodológico dual establecido por la FCA, se efectuará una breve síntesis del impacto de las DLTs, consideradas en abstracto, en algunos sectores del ordenamiento jurídico que requieren la atención del legislador.

a. *Blockchain*, firma, sello e identidad electrónica

Tal y como se dijo con motivo del estudio de Hyperledger, la firma electrónica que se utiliza en el marco de los registros DLT no constituye un medio de identificación electrónica en el sentido del Reglamento eIDAS⁴⁶⁴.

Por otro lado, las DLTs pueden emplearse para desarrollar un modelo de identidad soberana como alternativa al sistema de firma electrónica “tradicional o centralizado”⁴⁶⁵, que es el único que tenemos regulado todavía en nuestra normativa nacional —Ley 6/2020, de 11 de noviembre, reguladora de determinados aspectos de los servicios electrónicos de confianza— y en la normativa de la UE de aplicación directa, esto es, el Reglamento eIDAS. Frente a este modelo, se plantea la posibilidad de acreditar la identidad de las personas sin necesidad de recurrir a terceros proveedores de servicios de identidad centralizados mediante el recurso a los *tokens* como compendio de información relativa a la identidad de una persona en lugar de los certificados electrónicos como medio de identificación y autenticación⁴⁶⁶. La infraestructura de identidad digital soberana permite al titular del *token* que contiene la información relativa a su identidad disponer de ella en sistemas y aplicaciones ajenas al registro DLT sobre el que se ha constituido el *token*, esto es, *off chain*, como, por ejemplo, en la aplicación de la Agencia Tributaria, en servicios de almacenaje en la nube, etc⁴⁶⁷.

En cuanto a la equiparación de los efectos de la firma manuscrita y la electrónica ejecutada en el marco de un sistema de identidad soberana sin certificados electrónicos, se ha de observar que, en el segundo caso, la seguridad de las afirmaciones realizadas sobre la identidad depende de

encontrarse en territorio español. Por último, el uso concreto de las DLTs para la identificación y firma electrónica en las relaciones que los ciudadanos mantienen con las AAPP se encuentra prohibido hasta que el Estado, en el marco del Derecho de la UE, regule esta aplicación. A mayor inri, se ha prescrito que, una vez aprobada esta regulación, la Administración General del Estado (AGE, en adelante) “actuará como autoridad intermedia que ejercerá las funciones que corresponda para garantizar la seguridad pública”.

Vid. ALAMILLO DOMINGO, I., “EL RDL 14/2019: una extraordinariamente urgente e innecesaria reforma del régimen de identificación y firma electrónica en la LPAC”, *Consultor de los Ayuntamientos y de los Juzgados: Revista Técnica Especializada en Administración Local y Justicia Municipal*, N 12, (2019), pp. 4-5 (de la versión que obra en la Ley Digital).

⁴⁶⁴ Una de las funciones esenciales de la firma electrónica consiste en la determinación de la identidad de los firmantes de mensajes de datos en el entorno electrónico. No obstante, en las redes DLT la firma, más que desempeñar la función de vincular a las partes con la información que suscriben, constituye un elemento necesario para garantizar la integridad de las transacciones comunicadas a la red.

⁴⁶⁵ En este sistema, la firma electrónica solo alcanza efectos jurídicos equivalentes a la firma manuscrita con la intervención de terceros que provean certificados reconocidos mediante un dispositivo seguro de creación de firma que atribuya a la firma electrónica la cualidad de “reconocida o cualificada”. Vid. FERNÁNDEZ BURGUEÑO, cit., p. 6.

⁴⁶⁶ La firma electrónica se utilizaría en el marco de un sistema de identidad soberana para configurar la información encriptada como *token*. Vid. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., pp. 85-86.

⁴⁶⁷ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., p. 88.

Los certificados electrónicos que emiten los proveedores de servicios de confianza también constituyen una infraestructura de identidad que provee tanto un sistema de identificación electrónica como un medio para firmar electrónicamente. Vid. CEDEÑO BREA, E., “El uso de las nuevas tecnologías para el conocimiento del consumidor financiero”, en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 226.

“testimonios” de terceros para respaldar las declaraciones realizadas por el usuario “soberano”⁴⁶⁸. Por otro lado, cabría considerar varios criterios que determinarían la plena eficacia probatoria de las inscripciones en un registro DLT. En primer lugar, respecto de la prueba del estado de un documento electrónico en un momento dado, cabría exigir al interesado que demostrase que la información alegada se encuentra en un bloque del historial de transacciones del registro DLT *confirmado*⁴⁶⁹, para evitar así que se puedan proponer como prueba transacciones que no llegaron a ser incluidas en el historial o que se añadieron a una ramificación descartada y que, por tanto, carecen de cualquier género de inmutabilidad.

En segundo lugar, con el propósito de acabar con las dudas que la reivindicación de una prueba digital alojada en un registro DLT pudiera suscitar, la doctrina ha recomendado aplicar a las transacciones que se comunican al registro DLT recursos que constituyen servicios de confianza regulados en el Reglamento eIDAS y la Ley 6/2020, de 11 de noviembre, reguladora de determinados aspectos de los servicios electrónicos de confianza, tales como los certificados de firma y sello electrónicos que proporcionan terceras partes⁴⁷⁰.

Por tanto, a falta de un medio de identificación adicional, resulta necesario distinguir entre el régimen jurídico de las firmas electrónicas de las redes DLT públicas no permissionadas, que vienen a cumplir una función técnica⁴⁷¹, de los efectos jurídicos de las firmas electrónicas que tienen por objeto identificar al internauta. La conclusión anterior no impide que las DLTs se utilicen como herramienta probatoria de la identidad de una persona, siempre que participen terceros que atestigüen la identidad real de los participantes en la red, como es el caso de las plataformas de identidad soberana, o se incorporen certificados electrónicos. No obstante, hay que tener en cuenta que el régimen jurídico vigente de la identidad electrónica no regula los efectos jurídicos de dichos respaldos de terceros y reserva los efectos de la firma electrónica cualificada a aquellas firmas que se despliegan mediante dispositivos cualificados de creación de firma electrónica y que se basan en certificados cualificados de firma electrónica. En consecuencia, el legislador podría reconocer la eficacia probatoria de las credenciales de terceros, siempre que su integridad se encuentre garantizada y con el límite de que la eficacia no puede extenderse más allá del objeto de la certificación⁴⁷².

⁴⁶⁸ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., p. 86.

En cierto modo, en este modelo existe cierta necesidad de intermediación para garantizar la credibilidad de la identidad alegada.

⁴⁶⁹ OLIVA LEÓN, R., “Transformación digital y tecnológica de la justicia”, en A. GURREA MARTÍNEZ Y N. REMOLINA LEÓN (DIRS.), *Fintech, Regtech y legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 477.

A mayor inri, debería exigirse al que pretende hacer valer una prueba digital con base en su inclusión en el historial de transacciones de un registro DLT que demuestre que el bloque o unidad donde se ha anotado la transacción o mensaje que incluye la prueba digital ha recibido suficientes *confirmaciones* como para asegurar una inmutabilidad prácticamente definitiva.

⁴⁷⁰ La combinación de los servicios de confianza con las DLTs permitiría aprovechar tanto las características del registro distribuido, en particular la trazabilidad del historial de transacciones, como las de los servicios de confianza que prestan terceros proveedores, servicios que en el caso de ser cualificados otorgan la máxima eficacia probatoria de los hechos inscritos en los términos del Reglamento eIDAS.

Por último, y a pesar de los múltiples beneficios de la DLTs, como la trazabilidad e inmutabilidad de las transacciones incluidas en el historial y la independencia que adquieren los usuarios con motivo de la desintermediación, hay que tener en cuenta que los servicios de confianza que proporcionan terceros proveedores constituyen alternativas a muchas de las funcionalidades que las aplicaciones de las DLTs brindan en materia de identificación electrónica y de prueba digital. OLIVA LEÓN, cit., pp. 478-480.

⁴⁷¹ IBÁÑEZ JIMÉNEZ defiende que las firmas electrónicas que emplean las DLTs tengan únicamente la consideración de firmas electrónicas avanzadas de acuerdo con la normativa de firma electrónica ante la ausencia de un sistema de certificación electrónica de la identidad. A idéntica conclusión cabe llegar respecto de la utilización del sello de tiempo electrónico (*timestamping*). Vid. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., pp. 100-103.

⁴⁷² No debe olvidarse que estas credenciales vienen referidas a cualidades del sujeto certificado; la identidad no es objeto de certificación en el modelo de identidad soberana.

En cualquier caso, el modelo de gestión soberano de la identidad implica desplazar por completo la cuestión del ¿Quién es usted? por el ¿Qué puede hacer usted?⁴⁷³, de tal manera que las credenciales que proporcionan los “testigos” y que luego se aportarán selectivamente y con condiciones a quien las requiera se otorgarán sobre la base de una identidad virtual diferente de la real.

El concepto de identidad soberana brevemente descrito puede cobrar relevancia a la hora de imputar responsabilidades por los daños y perjuicios producidos a los testigos con motivo de una posible identificación defectuosa de la identidad de los usuarios acreditados o de sus cualidades o datos en sentido amplio. Existe, por tanto, una base para extender el régimen de responsabilidad de los servicios electrónicos de confianza a los testigos que certifican ciertas cualidades de los cibernautas⁴⁷⁴. No obstante, dado que en el modelo de gestión de identidad regulado en el Reglamento eIDAS y en las normativas nacionales de transposición el prestador de servicios de confianza expide tanto las claves que el signatario va a utilizar para firmar electrónicamente los documentos como el certificado electrónico que vincula los datos de la firma con la identidad del signatario⁴⁷⁵, cabe concluir que, bajo el régimen jurídico de los servicios de confianza vigente, los testigos llamados a cumplir las funciones de certificación propias de los prestadores de servicios de confianza no se encuentran sujetos a dicha normativa y, por tanto, no les resulta aplicable el régimen de responsabilidad de los prestadores de servicios electrónicos de confianza⁴⁷⁶.

Por último, cabe destacar que el sistema de identificación electrónica tradicional se caracteriza por la coexistencia de dos modelos distintos. En el primero, el escandinavo, son las empresas privadas las que proveen servicios de confianza a gobiernos y otras empresas mientras que, en el segundo, conocido como continental, son los gobiernos los que asumen mayoritariamente la distribución de los medios de identificación digital⁴⁷⁷. Esta disyuntiva puede volver a reproducirse respecto de la identidad digital soberana, puesto que existen plataformas privadas de identidad soberana, como *sovrin*, que, a pesar de pretender establecer una plataforma de identidad universal, compite con soluciones públicas, como es el caso de la aplicación de identidad que prevé ofrecer la European Blockchain Services Infrastructure (EBSI, en adelante). La EBSI constituye una iniciativa de la UE que prevé establecer una infraestructura tecnológica DLT sobre la cual desplegar aplicaciones descentralizadas, entre ellas la identidad digital.

⁴⁷³ PREUKSCHAT, A., “Self-Sovereign Identity — a guide to privacy for your digital identity with Blockchain”, 2018, disponible en <https://medium.com/@AlexPreukschat/self-sovereign-identity-a-guide-to-privacy-for-your-digital-identity-5b9e95677778> (última consulta el 14.11.2019).

⁴⁷⁴ Uno de los elementos más relevantes de la normativa de los servicios electrónicos de confianza es el régimen de responsabilidad de los prestadores de estos servicios por los daños derivados del incumplimiento de sus obligaciones legales. La finalidad de la normativa es garantizar el correcto funcionamiento de los certificados electrónicos que se expiden. Esta imputación de responsabilidad supone una correlativa descarga de responsabilidad para los acreditados, así como para los terceros que confían en las afirmaciones de dichos certificados, excepto precisamente en aquellos supuestos donde la negligencia o culpabilidad de los acreditados supone un límite a la responsabilidad de los servicios de confianza. MERCHÁN MURILLO ha criticado esta regulación de la responsabilidad de los servicios de confianza por entender que un régimen tan severo desincentiva la actividad certificadora. MERCHÁN MURILLO, “Firma electrónica...”, cit., pp. 244-245

⁴⁷⁵ BERROCAL LANZAROT, A.I., “Los certificados electrónicos en la Ley 59/2003, de 19 de diciembre. En especial, los certificados de personas jurídicas (I)”, *Revista de Derecho de la UNED*, N 1, (2006), p. 225.

⁴⁷⁶ En consecuencia, la responsabilidad de los testigos por los daños que han producido su negligente actuación debe fundamentarse en el art. 1902 Cc, puesto que la falta de un régimen de responsabilidad específico conlleva la aplicación de las normas generales de la responsabilidad civil. Por esto motivo, cabría plantearse la posibilidad de enmendar la normativa reguladora de la identificación electrónica y los servicios de confianza para dotar de una regulación específica a estos certificadores o testigos que operan en un sistema de gestión de la identidad digital soberana.

⁴⁷⁷ LAFONT DÉNIZ, cit., p. 333.

- b. La responsabilidad de los daños causados en el marco de una base de datos distribuida: una perspectiva de Derecho privado

La aportación de conclusiones respecto de la responsabilidad por los daños que se producen en el marco de un registro DLT requiere delimitar la naturaleza jurídica de la cooperación o asociación que tiene lugar entre los nodos que constituyen una red DLT⁴⁷⁸. En particular, cabe calificar a esta relación como una *joint venture*, en tanto que los nodos colaboran con el fin de obtener un resultado común⁴⁷⁹. Asimismo, esta puesta en común también podría encajar en la noción de sociedad⁴⁸⁰.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que el concreto régimen de responsabilidad variará en función de las características de cada red DLT. Así, resultará necesario considerar, entre otros aspectos, parámetros como el hecho de que la red tenga carácter público o privado o que el acceso requiera o no identificación previa, así como la tradición jurídica imperante en cada jurisdicción⁴⁸¹.

Desde la perspectiva de nuestro ordenamiento jurídico, ha de distinguirse entre los casos donde claramente la pertenencia a la asociación o consorcio conlleva la sujeción a un régimen estatutario establecido, como es el caso de Alastria⁴⁸², de las redes DLT públicas, con o sin dirigentes identificables, que suscitan mayores dudas al carecer de estatutos. En el primer caso, cabe afirmar la relación contractual por la expresa voluntad de las partes; respecto al segundo, a pesar de que un sector doctrinal lo niega, el sometimiento a un único protocolo de consenso y la conjunción de esfuerzos para conseguir un objetivo común, con un sistema de incentivos y de cortafuegos, implica la existencia de una suerte de pacto calificable como contractual⁴⁸³.

En segundo término, cabe concluir respecto de las redes DLT que disponen de estatutos que les corresponde el régimen jurídico que resulte de sus normas constitutivas; la calificación de las redes DLT sin una regulación definida, por el contrario, conlleva la aplicación de un régimen jurídico supletorio que vendrá determinado por la tipología de red en la que estas se encuadren.

En este sentido, cabe considerar a la *joint venture* como categoría jurídica supletoria en la que subsumir a una red DLT sin estatutos⁴⁸⁴, si bien es cierto que esta figura no captura adecuadamente el género de cooperación que entraña una red DLT. Respecto de la posibilidad de calificar a una

⁴⁷⁸ ZETZSCHE, D.A., BUCKLEY, R.P., ARNER, W.A., “The Distributed Liability of Distributed Ledgers: Legal Risks of Blockchain”, *EBI Working Paper Series*, N 14, (2017), p. 25.

⁴⁷⁹ ZETZSCHE, BUCKLEY, ARNER, “The distributed liability...”, cit., p. 28.

⁴⁸⁰ *Ibid.*

⁴⁸¹ ZETZSCHE, BUCKLEY, ARNER, “The distributed liability...”, cit., p. 29.

⁴⁸² Consorcio Red Alastria, “Política de cumplimiento de Derecho de la Competencia”, 2017, disponible en <https://alastria.io/wp-content/uploads/2019/08/Política-de-Derecho-de-la-Competencia.pdf> (última consulta el 28.09.2019).

⁴⁸³ ZETZSCHE, BUCKLEY, ARNER, “The distributed liability...”, cit., p. 29.

IBÁÑEZ JIMÉNEZ también apoya esta conclusión. Vid. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., *Derecho de Blockchain y de la tecnología de registro distribuido*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 284.

⁴⁸⁴ No obstante, esta caracterización de la red DLT se enfrenta al obstáculo conceptual de que la *joint venture* constituye un pacto multilateral entre empresarios independientes que deciden aunar sus fuerzas con motivo de la consecución de fines que serían más difíciles de alcanzar por separado o por que la constitución la asociación resulta más eficiente económicamente; en otras palabras, la *joint venture* constituye un acuerdo de colaboración que presupone que las partes podrían llevar a cabo la actividad económica de forma independiente. PAZ-ARES RODRÍGUEZ, C., “Las sociedades mercantiles” en A. MENÉNDEZ MENÉNDEZ y A. ROJO FERNÁNDEZ RÍO (Dirs.), *Lecciones de Derecho Mercantil vol. I*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017, p. 364.

En cambio, los servicios que ofrece una red DLT “descentralizada” no pueden darse si esta no se constituye. En definitiva, mientras que el significado tradicional de la *joint venture* viene referido a un acuerdo dirigido a alcanzar eficiencias, una red DLT constituye una colaboración que resulta necesaria para constituir la infraestructura de una plataforma descentralizada y distribuida.

red DLT como contrato de sociedad, IBÁÑEZ JIMÉNEZ se opone con motivo de que los nodos no pretenden obtener beneficios en común para repartirlos proporcionalmente⁴⁸⁵. En definitiva, la cooperación que entraña la constitución de una red DLT sin estatutos constituye un nuevo contrato de colaboración atípico con similitudes y diferencias respecto de la *joint venture*.

En cuanto a los modelos o criterios de responsabilidad que podrían establecerse para el caso de que la estructura organizativa que conforma la red DLT cause daños, IBÁÑEZ JIMÉNEZ distingue entre tres grandes modelos que acuña como nodal, societario o unitario y mixto⁴⁸⁶.

Cabe concluir en favor de la idoneidad del último modelo mixto de responsabilidad. De esta manera, frente a los miembros de la comunidad DLT, responderán por los daños causados los nodos que hayan incumplido alguna obligación que les resultara exigible; para los perjuicios causados a terceros ajenos a la red DLT, debería aplicarse el modelo societario ante las dificultades probatorias que pueden presentarse al actor para probar el incumplimiento responsable de los daños y su autoría.

Por último, cabe concluir con la puntualización de que el entramado de relaciones jurídicas que se conforma en una red DLT “descentralizada” no se rige por el modelo de *hub and spoke*⁴⁸⁷, esto es, no se trata de una red coordinada por un ente central en la que solo existen relaciones jurídicas

⁴⁸⁵ En este sentido, sentencia el citado autor que:

“[los nodos] se van a servir de la Blockchain para instalar sus propios modelos de negocio sobre dicho servicio ancilar o instrumental”

IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Derecho de Blockchain...”, cit., pp. 301.

⁴⁸⁶ En el primero, la responsabilidad de los daños se imputa a los nodos cuya acción haya supuesto un incumplimiento de las obligaciones que asumen al suscribir el protocolo de consenso, de ahí que el autor incida en la clasificación de los nodos por razón de las funciones que asumen. No obstante, hay que tener en cuenta que no necesariamente debe existir esta separación funcional —y jerárquica en algunos casos— entre la comunidad de nodos que conforman la red, ya que es posible que el protocolo no contemple dicha distribución de funciones. Por tanto, este modelo permite individualizar la responsabilidad exigible por los daños acontecidos si se identifica al nodo cuyo incumplimiento obligacional ha determinado la producción de daños.

En el modelo societario, por el contrario, un nuevo ente asume el papel de centro de imputación de derechos y obligaciones de la comunidad que constituye la red. No obstante, cabe distinguir entre dos posibilidades: por un lado, dicho ente se puede corresponder con una persona jurídica tipificada y regulada por el ordenamiento, tal sería el caso de la red o aplicación DLT que se constituyera bajo el régimen de la asociación o de la sociedad; de otro lado, las redes DLT también pueden dar lugar a entes con una personalidad distinta de la de sus miembros que no se encuentran contemplados por el ordenamiento. En esta segunda modalidad cabría comprender a la Organización Descentralizada Autónoma o DAO. En cuanto al régimen jurídico aplicable a los entes que no se constituyen bajo las categorías jurídicas tradicionales, debe tenerse en cuenta que, si este va a ejecutar un acto de comercio o va a desarrollar una actividad comercial, debe entenderse aplicable supletoriamente el régimen jurídico de la sociedad civil con objeto mercantil, o sociedad mercantil por su objeto sin forma mercantil. Así, el régimen de responsabilidad frente a terceros sería el propio de la sociedad colectiva. Esta solución implica en la práctica la aplicación a los socios de un régimen de responsabilidad personal ilimitada (art. 127 C. de c.) frente a terceros. En determinadas circunstancias, no obstante, esta situación puede resultar injusta si, por ejemplo, los socios no controlan los actos que lleva a cabo la red u organización descentralizada.

Por último, el tercer modelo comparte con el anterior la personificación de la red DLT, aunque exige de responsabilidad al registro distribuido en determinados casos en los que la obligación de reparación puede imputarse a nodos o sujetos individuales. Se trata, en definitiva, de distribuir la responsabilidad entre los gestores de la red u otros sujetos con potencial responsabilidad y la entidad que personifica a la red.

IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Derecho de Blockchain...”, cit., pp. 289-300, MITRE ABUHAYAR, C., ALONSO ALLENDE, J., ESCAURIAZA CASTELLANOS, M., GONZÁLEZ ARIAS, J., MARQUES, R., MORENO GARCÍA, F.J., “Descifrando la blockchain”, *Nuevas Tendencias*, N 100, (2018), p. 34 y MARTÍNEZ LAFUENTE, A., “Las sociedades civiles con objeto mercantil y su consideración como sujetos pasivos por el Impuesto sobre Sociedades, con especial referencia a las oficinas de farmacia” *Carta Tributaria. Revista de Opinión*, N 5-6, (2015), p. 4 (de la versión disponible en la Ley Digital).

⁴⁸⁷ ZETZSCHE, BUCKLEY, ARNER, “The distributed liability...”, cit., p. 30.

entre la entidad coordinadora y cada uno de los miembros de la red, y no entre los sujetos que no coordinan la red. Los modelos *hub and spoke* afectan al régimen de responsabilidad en cuanto que los miembros de la red únicamente disponen de acción contra la entidad central. Por el contrario, la descentralización permite que cada nodo se encuentre legitimado para reclamarle a cualquier otro los daños que su acción u omisión le haya ocasionado.

c. *Blockchain* y Derecho de la competencia

La aplicación del Derecho de la competencia a las redes DLT viene motivada por el hecho de que registros DLT como Ethereum constituyen plataformas sobre las cuales cabe desplegar aplicaciones descentralizadas, esto es, esta plataforma DLT podría considerarse como una “infraestructura esencial”⁴⁸⁸ para los distintos mercados que se constituyen sobre este.

No obstante, existen posicionamientos que rechazan equiparar la situación de las plataformas de comercio electrónico “centralizadas” con los proyectos DLT “descentralizados”. Esto se debe a que en los registros DLT se darían determinadas circunstancias que aminorarían cualquier efecto anticompetitivo. Sería el caso del denominado “efecto *token*”⁴⁸⁹. En este sentido, también se alega que en los entornos DLT descentralizados resulta más sencillo que los operadores económicos y usuarios migren o utilicen conjuntamente otras plataformas⁴⁹⁰. En definitiva, el carácter descentralizado y distribuido de las plataformas DLT podría suponer un nuevo desafío, distinto del que representan las plataformas centralizadas, para el Derecho de la competencia, en la medida en que los problemas vendrían dados por la ausencia de una entidad o grupo de entidades al que responsabilizar de las posibles infracciones del Derecho de la competencia que se produzcan en las redes DLT⁴⁹¹. Esto no quiere decir que en estos nuevos ecosistemas no puedan producirse conductas contrarias a la competencia. No obstante, en este caso, se plantea que el potencial infractor no venga dado por la empresa titular de la plataforma, salvo en el caso de la gobernanza

⁴⁸⁸ En este sentido, el legislador de la UE ha decidido regular los mercados digitales mediante la imposición de obligaciones a los denominados “guardianes de acceso”, o empresas que controlan las plataformas con arquitectura centralizada, mediante el Reglamento (UE) 2022/1925.

Además de los deberes que impone esta legislación, el legislador de la UE trabaja en la imposición de otras obligaciones de carácter *ex ante* a los sujetos obligados. En concreto, las autoridades de la UE pretenden facilitar la puesta a disposición de terceros de los datos no personales a petición del usuario que los genera, de acuerdo con la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización (Ley de Datos) (2022/0047 (COD)). En este caso, la intervención en las relaciones contractuales entre empresas tiene lugar debido a la supuesta inadecuación del Derecho de la competencia *ex post* para resolver los conflictos que plantea la economía digital. GONZÁLEZ OTERO, B., “Evaluating the EC Private Data Sharing Principles. Setting a Mantra for Artificial Intelligence Nirvana?”, *Journal of Intellectual Property, Information Technology and Electronic Commerce Law*, N 10, (2019), p. 80.

Asimismo, tal y como destaca HOFFMANN y GONZÁLEZ OTERO, el legislador de la UE debe regular los deberes de interoperabilidad, ya que esta constituye un requisito previo para hacer efectivo el acceso. HOFFMANN, J., GONZÁLEZ OTERO, B., “Demystifying the role of data interoperability in the access and sharing debate”, *Max Planck Institute for Innovation and Competition Research Paper*, N 20-16, (2020), p. 4.

⁴⁸⁹ Este consiste en que los participantes de la red se beneficiarían de los efectos en red de la plataforma DLT gracias a que el valor de sus *tokens* se encuentra vinculado a la prosperidad de la propia plataforma DLT. CATALINI, C., GANS, J.S., “Some simple economics of the blockchain”, *National Bureau of Economic Research*, N 22952, (2019), pp. 20-21.

⁴⁹⁰ CATALINI, TUCKER, cit., pp. 6-7.

⁴⁹¹ En este sentido, cabe destacar que incluso los defensores de que la política de la competencia intervenga para obtener una estructura o composición determinada del mercado entienden que la arquitectura descentralizada y distribuida impide que un operador controle la plataforma DLT y, en consecuencia, llegue a influir sobre los mercados que dependen de esta. Vid. LIANOS, I., “Blockchain Competition Gaining Competitive Advantage in the Digital Economy: Competition Law Implications”, *Centre for Law, Economics and Society Research Paper Series*, N 8, (2018), p. 44 y. pp. 63-64.

centralizada, sino por el conjunto del ecosistema descentralizado; el análisis se centra, por tanto, en “el poder de mercado del ecosistema”⁴⁹².

i. Abuso de la posición dominante

THIBAULT SCHREPEL ha analizado la posibilidad de que se produzcan conductas colusorias y abusos de posición dominante. Respecto del análisis de esta primera infracción del Derecho de la competencia⁴⁹³, hay que valorar si existe algún operador económico con control sobre el protocolo de consenso o no, esto es, hay que dilucidar si la plataforma está verdaderamente descentralizada o no. En función de la respuesta, la política de la competencia deberá adoptar una metodología tradicional o más innovadora respecto de la determinación de la existencia de abuso de la posición de dominio⁴⁹⁴.

El Derecho de la competencia también puede constituir una herramienta para intervenir en la composición del registro DLT. En concreto, para prevenir el riesgo de que la concentración del poder computacional de la red dé lugar a un “ataque del 51%”⁴⁹⁵. En este sentido, la sentencia del caso *The United American Corp. v. Bitmain Inc., et al.* trata sobre una supuesta conducta anticompetitiva dirigida a manipular el resultado de un *hard fork* con la finalidad de imponer una de las dos posibles actualizaciones del *software* de la criptomoneda Bitcoin Cash⁴⁹⁶. Cabe advertir, no obstante, que en este caso no se enjuicia una manipulación retroactiva del historial de transacciones, sino el supuesto intento de controlar *pro futuro* el protocolo de consenso de la criptomoneda a través de medios ilícitos según el Derecho de la competencia. En cualquier caso, debe rechazarse un enfoque intervencionista en esta materia debido a que no resulta factible llevar a cabo una injerencia de este género en redes DLT públicas no permissionadas y a que no se ha probado la necesidad de esta intervención para mantener la seguridad informática de los registros DLT.

En relación con las características únicas de las DLTs, se ha de apuntar que los operadores económicos que intervienen en la red DLT pueden llevar a cabo actuaciones, como *soft* o *hard forks*, que, por su carácter concertado o por constituir una práctica unilateral abusiva, pueden

⁴⁹² LIANOS, cit., p. 64.

Mientras que, en el Derecho de la competencia, los sujetos responsables por los ilícitos de la competencia vienen dados por empresas. No obstante, esta conclusión solo resulta válida para aquellos casos en los que uno o varios operadores económicos no controlen el protocolo de consenso del registro en cuestión, como luego se dirá.

⁴⁹³ SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., p. 285.

⁴⁹⁴ En particular, se ha de plantear el supuesto de que, en registros DLT que constituyan plataformas sobre las cuales pueden desarrollarse aplicaciones descentralizadas, los operadores económicos con control sobre el protocolo de consenso puedan llevar a cabo abusos de la posición de dominio contra las empresas que utilizan la plataforma para prestar sus servicios a terceros. Este abuso ocurrirá principalmente en las redes DLT privadas o en aquellas redes que resulten susceptibles de una cierta “centralización”. Vid. PIKE, C., “Blockchain Technology and Competition Policy”, 2018, p. 7, disponible en [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD\(2018\)47/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD(2018)47/en/pdf) (última consulta el 16.10.2019) y SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., p. 307.

⁴⁹⁵ LIANOS, cit., p. 69.

⁴⁹⁶ Se ha de señalar que el demandante fundamentó su demanda en la existencia de conductas colusorias por parte de los demandados, y no en el abuso de la posición de dominio. El acuerdo restrictivo de la competencia consistió, según la versión del demandante, en utilizar puntualmente el poder computacional de mineros pertenecientes a otra red DLT con la finalidad de que una de las dos posibles actualizaciones del *software* del registro DLT prevaleciese sobre la otra, así como en el hecho de dificultar, una vez ejecutada la modificación pretendida, que la ejecución de posteriores *hard forks* pudiera deshacer los cambios implementados. Sin embargo, el juez del caso desestimó la demanda por entender que el demandante ni identificó correctamente ni probó la conducta colusoria que restringió la competencia. Vid. Order granting defendants’ joint motion to dismiss first amended complaint. *The United American Corp. v. Bitmain Inc., et al.*, Case No. 1-18-cv-25106.

suponer un ilícito desde el punto de vista del Derecho de la competencia⁴⁹⁷. Así, el acuerdo o práctica concertada de los mineros para aumentar la cuantía de las comisiones exigidas constituye una actuación sancionable por el Derecho de la competencia⁴⁹⁸. Por otro lado, los intermediarios del ecosistema DLT, tales como los proveedores de servicios de custodia de monederos electrónicos o los proveedores de servicios de cambio de monedas virtuales por monedas fiduciarias, también pueden adquirir un poder de mercado que eventualmente conlleve que ejecuten prácticas unilaterales anticompetitivas⁴⁹⁹.

Respecto de la represión de las conductas anticompetitivas que se producen en las redes DLT, SCHREPEL apuesta por un enfoque *humilde*, consistente en promover que el diseño de las redes DLT públicas no permissionadas resulte compatible con las disposiciones del Derecho de la competencia y, por extensión, con el resto del ordenamiento jurídico⁵⁰⁰. Es más, se propone incluso una cierta inhibición regulatoria al defender una serie de principios que tienen por finalidad común preservar las características de las redes DLT públicas no permissionadas, tales como: el carácter pseudónimo de los identificadores de los usuarios; la arquitectura descentralizada y distribuida de la red; la inmutabilidad del historial de transacciones, etc⁵⁰¹. En definitiva, la aplicación del Derecho en redes DLT públicas no permissionadas depende de que las comunidades de los registros DLT decidan voluntariamente colaborar con las autoridades⁵⁰², extremo que previsiblemente solo acaecerá cuando los beneficios obtenidos con la seguridad jurídica compensen la pérdida de libertad⁵⁰³.

En cambio, en el caso de las redes DLT privadas se requiere una mayor intervención de las autoridades de la competencia. Esto se debe a que en estos registros resultarán frecuentes conductas que el Derecho de la competencia actualmente sanciona como abusos de la posición de dominio. En este sentido, téngase en cuenta que las exclusiones o limitaciones injustificadas que

⁴⁹⁷ LIANOS, cit., p. 69.

⁴⁹⁸ Concretamente, esta conducta tendría lugar en el mercado de referencia de la plataforma o infraestructura DLT, y afectaría a los usuarios de la red y a los llamados co-competidores. Los “co-competidores” son competidores de un mercado de referencia que prestan sus servicios a través de una red DLT común y cuya cooperación recíproca es necesaria para poder aumentar su competitividad. LIANOS, cit., p. 69

⁴⁹⁹ LIANOS, cit., p. 70.

⁵⁰⁰ SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., pp. 322-325.

En definitiva, el autor es partidario del enfoque regulatorio *Law is Code*, que implica la aplicación del Derecho a través del código. SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., pp. 325-328.

⁵⁰¹ SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., pp. 330-331.

Otro sector doctrinal niega la premisa de que la intervención pública perjudique el avance de la innovación y defiende la idea de que la regulación puede favorecerla. QUINTAIS, J.P., BODÓ, B., GIANOPOULOU, A., FERRARI, V., “Blockchain and the law: a critical evaluation”, *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy*, Vol. 2, N 1, (2019), p. 105.

⁵⁰² Solamente en la medida en que se haya producido un previo condicionamiento de la programación podrá producirse la “infiltración del regulador” en la red DLT. Esto se debe a que el registro DLT no queda afectado por la intervención de las autoridades, siempre que estas no alcancen a la totalidad de los nodos de la red; el registro que pretende modificarse subsistirá en los nodos que logren evitar la acción de los poderes públicos. Por otro lado, hay que tener en cuenta que la acción de las autoridades también se ve dificultada por el anonimato que existe en determinadas redes DLT. SCHREPEL, “Is Blockchain the death...”, cit., pp. 322-336.

⁵⁰³ En su publicación “Anarchy, State, and Blockchain Utopia. Rule of Law versus Lex Cryptographia”, el profesor SCHREPEL profundiza en el estudio de las diferencias existentes en el Estado de Derecho y la *Lex Cryptographia*, este último como único paradigma que rige en las redes DLT públicas no permissionadas ante la incapacidad de las autoridades estatales de intervenir sobre las redes en régimen de *peer-to-peer*. En última instancia, la participación en una red DLT que únicamente se sometiera a la *Lex Cryptographia* implicaría que todos sus usuarios *renuncian* incondicionalmente a todos los derechos que resulten incompatibles con las características técnicas del registro DLT en cuestión. Estas consecuencias de la *Lex Cryptographia* muestran la importancia de condicionar las redes DLT, puesto que en ningún caso cabe negar la vigencia de los derechos fundamentales. SCHREPEL, T., “Anarchy, State, and Blockchain Utopia. Rule of Law versus Lex Cryptographia” en U. BEMITZ, X. GROUSSOT, J. PAJU, S. DE VRIES (Eds.), *General Principles of EU Law and the EU Digital Order*, Hart Publishing, Oxford, 2020, pp. 367-383.

el gestor o los gestores de una red DLT privada impongan a terceros competidores tendrán por objeto restringir la competencia⁵⁰⁴.

ii. Acuerdos colusorios

En segundo lugar, se han de analizar los acuerdos colusorios que tienen por objeto impedir, restringir o falsear la competencia. En el análisis hay que tener en cuenta, por un lado, que las prácticas prohibidas afectan tanto a elementos técnicos de los registros DLT⁵⁰⁵ como a terceras actividades económicas y, de otro, que pueden suceder en redes DLT públicas y privadas⁵⁰⁶. Respecto de este último extremo, al igual que ocurre con la situación del abuso de la posición de dominio, las prácticas anticompetitivas conjuntas se pueden producir con mucha más facilidad en las redes DLT privadas que en las públicas⁵⁰⁷, ya que las mayores posibilidades de control y la menor transparencia facilitan esta situación.

La novedad que introduce la DLT en este ámbito reside en que el uso de *smart contracts* puede implicar la utilización de determinadas garantías que permitan otorgar estabilidad a los pactos colusorios frente al riesgo que para estos representan los programas de clemencia⁵⁰⁸. Asimismo, la DLT beneficiaría la estabilidad del acuerdo colusorio al dificultar las investigaciones de las autoridades de la competencia⁵⁰⁹. Esta obstaculización tiene lugar porque, en primer lugar, la autoría de la información y de los acuerdos colusorios automatizados inscritos en la red DLT se encuentra protegida por el carácter pseudónimo de las cuentas de los usuarios del sistema DLT, en el supuesto de las redes públicas, y por las restricciones al acceso en el caso de los registros privados⁵¹⁰.

Si bien es cierto que los *smart contracts* pueden dificultar la acción de las autoridades de la competencia, SCHREPEL también considera que las sanciones impuestas automáticamente por un *smart contract* pueden terminar por dinamitar el pacto colusorio al fomentar que las partes soliciten acogerse a los programas de clemencia⁵¹¹. En cualquier caso, dado que existen argumentos para considerar tanto que la DLT favorece como que perjudica a los cárteles, resultará

⁵⁰⁴ BEDNARZ, Z., “Prácticas colusorias y otras anticompetitivas a través del blockchain: ¿necesidad de nuevas soluciones legales?”, *Actas de Derecho Industrial y Derecho de Autor*, N 39, (2018-2019), p. 310.

⁵⁰⁵ Este era el caso, ya analizado con anterioridad, de los mineros y proveedores de servicios de criptoactivos que pactan el precio de las comisiones.

⁵⁰⁶ SCHREPEL, T., “Collusion by Blockchain and Smart Contract”, *Harvard Journal of Law and Technology*, Vol. 33, N 1, (2019), p. 128.

⁵⁰⁷ SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., p. 133.

⁵⁰⁸ SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., pp. 125-127.

Estas garantías desincentivarían que las partes delaten el acuerdo colusorio ante las autoridades. Esto se debe a que los *smart contracts* podrían conseguir eliminar el principal motivo por el que los acuerdos colusorios desaparecen por iniciativa de las partes: la desconfianza mutua. Así, en caso de que se detecte que las partes se desvían de la política anticompetitiva, los *smart contracts* automatizan la aplicación de sanciones como manera de corregir las infracciones de los acuerdos colusorios sin expulsar a los infractores de este. Vid. SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., p. 147.

⁵⁰⁹ SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., pp. 144-147.

⁵¹⁰ Esta opacidad no puede ocultar los efectos anticompetitivos de las conductas colusorias en los mercados de referencia considerados, pero sí puede complicar el análisis de otros factores que se tienen en cuenta para dilucidar la existencia de conductas anticompetitivas. Por otro lado, el eventual descubrimiento de un acuerdo colusorio requiere asociar dicha conducta anticompetitiva con identidades concretas, aspecto que también pueden complicar las DLTs. SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., pp. 152-154.

⁵¹¹ SCHREPEL, “Collusion by Blockchain...”, cit., pp. 155-156. Esto se debe a que, ante los incumplimientos de los pactos colusorios, el acuerdo sobreviviría con la amenaza de iniciar guerras de precios y la subsanación del incumplimiento con la aplicación de compensaciones. La sanción, por otro lado, causaría una letal incertidumbre ante las posibles respuestas del cartelista sancionado. Vid. sobre la teoría general de los cárteles LEVENSTEIN, M.C., SUSLOW, V.Y., “What Determines Cartel Success?” *Journal of Economic Literature*, Vol. 44, N 1, (2006), p. 78.

necesario llevar a cabo un análisis casuístico de los incentivos para dilucidar las concretas implicaciones de los contratos inteligentes en cada caso concreto.

iii. Algunos problemas prácticos

La generalización de las DLTs también acarrea otra serie de problemas de índole práctico. Así, la doctrina ha contemplado la posibilidad de que inicialmente los competidores lleven a cabo una colaboración lícita a efectos del Derecho de la competencia y, eventualmente, uno o varios miembros del grupo de competidores realicen acciones que el Derecho de la competencia sí prohíbe, como el intercambio de información estratégica⁵¹². En este supuesto se plantea si hay que declarar responsables a todos los miembros de la red, con independencia de que hayan participado o no en las prácticas anticompetitivas, o, en cambio, debe admitirse la exención de responsabilidad de los participantes que no han incoado las conductas prohibidas⁵¹³. No obstante, el Derecho de la competencia exige que las autoridades dispongan de indicios suficientes sobre la actuación concertada para sancionar la conducta anticompetitiva⁵¹⁴.

Una novedad que introducen las DLTs en el Derecho de la competencia reside en la posibilidad de que se desarrollen conductas anticompetitivas por parte de operadores económicos que difícilmente anteriormente podían considerarse competidores⁵¹⁵.

Por último, cabría plantear la regulación del cobro de comisiones en las redes DLT para evitar que los usuarios con mayor poder adquisitivo paguen más para que el procesamiento de sus transacciones gane prioridad frente al resto de la comunidad⁵¹⁶. No obstante, una vez más, la naturaleza descentralizada y distribuida de determinadas redes DLT dificultaría la aplicación de esta normativa.

⁵¹² Una práctica concertada, modalidad de conducta colusoria, consiste en una forma de coordinación entre competidores que, sin llegar a constituir un acuerdo, decisión o recomendación colectiva formal conlleva la restricción de la competencia. En este sentido, la DLT podría facilitar la coordinación necesaria para que exista una práctica concertada sin necesidad de recurrir, por ejemplo, a un esquema de *hub-and-spoke*, donde un intermediario (*hub*) transfiere la información estratégica de un competidor (*spoke*) a otro. Sobre la práctica concertada basada en el intercambio de información estratégica entre competidores mediante un modelo *hub-and-spoke*, vid. OLIVEIRA PAÍS, S., “Hub-and-Spoke Agreements and Tacit Collusion: Recent National Decisions and the Competition Market Authority Paper on Algorithms, Competition, and Consumer Harm”, *Market and Competition Law Review*, Vol 5, N 1, (2021), p. 177.

Por otro lado, cabe señalar la doctrina también se plantea el supuesto contrario, esto es, la necesidad de flexibilizar las normas sobre acuerdos horizontales y su aplicación por parte de las autoridades de la competencia, ya que la restricción de la cooperación a través de los registros distribuidos podría perjudicar al desarrollo de esta tecnología. BEDNARZ, Z., “Prácticas colusorias y otras anticompetitivas...”, cit., pp. 311-312.

⁵¹³ SCHÖNIN, F., TAGARA, M., “Blockchain: Mind the gap! Lessons learnt from the net neutrality debate and competition law related aspects”, *Concurrences*, N 3, (2018), p. 3.

⁵¹⁴ BAENA ZAPATERO, R., “Blockchain y Derecho de la Competencia: una primera, y probablemente prematura, exploración”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 603-604.

⁵¹⁵ Este podría ser el caso de los mineros que, a pesar de que no participan en un mercado de referencia definido, pueden acordar la realización de conductas anticompetitivas. BAENA ZAPATERO, cit., pp. 596-597.

⁵¹⁶ Concretamente, podría entenderse que existe un conflicto de intereses entre los mineros o nodos que reciben comisiones y el resto de los usuarios. Así, podría justificarse la aplicación de las teorías del daño a la competencia y entender que los mineros o validadores operan anticompetitivamente. SCHÖNIN, TAGARA, cit., pp. 6-7.

d. *Blockchain* y Derecho de protección de datos

i. Cumplimiento de la normativa aplicable por parte de registros DLT públicos

Como ya se ha dicho, la compatibilidad del Derecho de protección de datos personales con las DLTs plantea múltiples problemas, como la delimitación de los obligados a hacer cumplir la normativa y el efectivo ejercicio de derechos como la supresión de datos personales. Cabe descartar⁵¹⁷ la opción de eludir la aplicación de esta normativa debido a que se considera que la “técnica hash” implica un procedimiento de seudonimización, y no de anonimización, al existir la posibilidad de vincular una dirección o clave pública con una identidad real. En consecuencia, cabe concluir que los registros DLT normalmente se encontrarán sujetos a la normativa sobre protección de datos personales⁵¹⁸.

La insoslayable aplicación de la regulación sobre datos personales a los registros DLT deja como únicas posibilidades para evitar la manifiesta colisión entre Derecho y tecnología la reforma del marco jurídico de la protección de datos, o bien para adaptarlo a las condiciones de esta tecnología, o bien para eximirlo de su cumplimiento, y el condicionamiento previo de las redes DLT; la aplicación de las disposiciones vigentes a registros DLT públicos y no permitidos no es viable⁵¹⁹. Las únicas alternativas a las propuestas descritas podrían venir dadas, por un lado, por la consideración del conjunto del registro DLT como responsable del tratamiento, en lugar de limitar el número de (co)responsables o encargados del tratamiento a los nodos y usuarios que intervienen efectivamente en el tratamiento de los datos⁵²⁰.

⁵¹⁷ No obstante, los expertos en criptografía que trabajan en técnicas para asegurar el anonimato de los datos personales que se introducen en un registro DLT podrían cambiar esta situación. Vid. LYONS, COURCELAS, TIMSIT, cit., pp. 17-18.

⁵¹⁸ PERETE RAMÍREZ, C., “Blockchain, privacidad y protección de datos de carácter personal”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 187-188.

⁵¹⁹ Destaca en este sentido como problema intratable la imposibilidad de individualizar al responsable del tratamiento en redes DLT públicas. Sin embargo, la doctrina y las autoridades han tratado igualmente de hallar la figura del responsable y encargado del tratamiento en redes DLT públicas. En consecuencia, se han analizado las funciones que desarrollan los distintos actores que toman parte en estos sistemas para dilucidar qué grupo de usuarios decide la finalidad y los medios del tratamiento.

No obstante, cabe destacar que no resulta viable la plena equiparación entre los sujetos que forman las redes DLT en régimen de *peer to peer* y los titulares de los ficheros a los que va dirigido el RGPD y la LOPDGGDD.

Así, también se ha planteado la posibilidad de que la responsabilidad correspondiente al cumplimiento de las obligaciones dimanantes del RGPD deba recaer en todos los nodos de la red. El hecho de que la totalidad de los miembros de la red asuman la condición de corresponsables del tratamiento no garantiza que los interesados puedan ejercitar su derecho, ya que la modificación del registro distribuido solo puede alcanzarse mediante un cambio en el protocolo de consenso acordado por la mayoría. En definitiva, la imputación de las obligaciones que el RGPD asigna a los responsables del tratamiento a los nodos de una red DLT pública no es una solución a los problemas que presenta la aplicación de la normativa de protección de datos en este tipo de sistemas.

FINCK, M., “Blockchains and Data Protection in the European Union”, *European Data Protection Law Review*, Vol. 4, N 1, (2018), pp. 26-27 y PERETE RAMÍREZ, cit., pp. 189-194.

⁵²⁰ El cambio de orientación se justificaría en el hecho de que cualquier medida o resolución que no afecte al conjunto de una red en régimen de *peer-to-peer* resulta ineficaz. Las sanciones, en su caso, irían dirigidas contra la red en su conjunto, siempre que no pudiera localizarse al responsable de la infracción. Ahora bien, el cambio de enfoque requeriría reformar el elenco de sanciones a disposición de las autoridades de control. En este sentido, cabe destacar que una sanción “colectiva” contra una red DLT que se niegue a atender los requerimientos de las autoridades podría consistir en restringir el acceso a esta desde la jurisdicción de la UE.

De otro, una interpretación amplia del concepto de responsable en el ámbito de las DLTs podría justificar⁵²¹ la calificación de los usuarios que introducen transacciones en la red como responsables del tratamiento⁵²². En este caso, al introducir los datos personales en un registro DLT, los iniciadores de las transacciones determinarían los medios y las finalidades del tratamiento y, por tanto, se encontrarían compelidos a cumplir con la normativa de protección de datos, a no ser que concurra la exención de aplicación del RGPD por restringirse su actividad al ámbito doméstico⁵²³. Se trata de una propuesta que tiene una finalidad preventiva⁵²⁴.

Mayores problemas plantean, si cabe, el ejercicio de los derechos que reconoce la normativa de protección de datos. Así, a título de ejemplo, el cumplimiento del derecho de acceso tendría lugar mediante la puesta a disposición de los datos en ficheros *off chain* a cargo de una entidad especializada. Como puede advertirse, el ejercicio de este y otros derechos depende del previo condicionamiento de la red.

ii. Decisiones automatizadas

El estudio del art. 22 RGPD es muy importante debido a que los *smart contracts* pueden constituir “decisiones individuales automatizadas” a los efectos de la citada disposición⁵²⁵. Un sector de la doctrina señala que esta regulación, en realidad, no viene referida a los *smart contracts*, puesto que el tratamiento automatizado al que se refiere la disposición va exclusivamente dirigido a la elaboración de perfiles⁵²⁶. No obstante, incluso si dicha tesis fuera correcta, el art. 22 RGPD tendrá mucho valor interpretativo como guía para la regulación de los contratos inteligentes⁵²⁷. Otro sector, por el contrario, entiende que el art. 22 RGPD sí resulta plenamente aplicable a la

⁵²¹ MCCLARKIN, E., BUȘOI, C.S., GOMES, A., “Report on Blockchain: a forward-looking trade policy”, 2018, disponible en http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0407_EN.pdf (última consulta el 02.11.2019).

⁵²² FINCK, “Blockchain and the General Data...”, cit., p. 47 y BACON, J., MICHELS, J.D., MILLARD, C., SINGH, J., “Blockchain Demystified. An introduction to blockchain technology and its legal implications”, *Richmond Journal of Law & Technology*, Vol. 25, N 1, (2018), pp. 64-65.

⁵²³ BACON, MICHELS, MILLARD, SINGH, cit., pp. 64-65.

⁵²⁴ Se trata de responsabilizar a los introductores de las transacciones del cumplimiento de la normativa de protección de datos personales. El objetivo consiste en que los operadores económicos se inhiban de publicar los datos personales en registros DLT donde no resulta posible asegurar el ejercicio de los derechos subjetivos que reconoce el RGPD. De este modo, el profesional o persona jurídica que graba los datos personales en un registro distribuido se hace responsable frente al interesado de los daños y perjuicios que puedan acaecer como consecuencia de la introducción de dichos datos en un registro DLT.

⁵²⁵ Se trata de una disposición cuya interpretación resulta controvertida entre la doctrina. Esto se debe al debate existente en torno a la existencia o no de un “derecho a la explicación” sobre la decisión individual automatizada y su alcance en el texto del RGPD y a que el TJUE aún no se ha pronunciado al respecto. Vid. WACHTER, S., FLORIDI, L., MITTELSTADT, B., “Why a right to explanation of Automated Decision-Making does not exist in the General Data Protection Regulation”, *International Data Privacy Law*, Vol. 7, N 2, (2017) y SELBST, S.D., POWLES, J., “Meaningful information and the right to explanation”, *International Data Privacy Law*, Vol. 7, N 4, (2017).

⁵²⁶ MENDOZA, I., BYGRAVE, “The right not to be subject to automated decisions based on profiling”, *University of Oslo Faculty of Law Legal Studies Research Paper Series*, N 20, (2017), p. 7.

⁵²⁷ En primer lugar, porque dispone la base jurídica que legitima la utilización de los *smart contract*: autorización por el Derecho nacional y de la UE, consentimiento expreso del interesado y necesidad para la celebración o ejecución de un contrato. Y, en segundo lugar, porque establece las garantías mínimas que los “responsables” del *smart contract* deberán disponer en favor de los interesados, garantías como los derechos a requerir la intervención humana del responsable del *smart contract*, a efectuar alegaciones y realizar impugnaciones contra el resultado de las ejecuciones automatizadas.

utilización de *smart contracts*⁵²⁸, por lo que su régimen jurídico ya se encontraría condicionado por esta disposición⁵²⁹.

La aplicación del art. 22 RGPD a los *smart legal contracts* implicaría que, en los casos en los que el tratamiento automatizado se fundamenta, bien en la celebración de un contrato entre el interesado y el responsable del tratamiento, bien en el consentimiento explícito del interesado, el responsable del tratamiento deberá adoptar una serie de medidas para salvaguardar los derechos, libertades y los intereses legítimos del interesado. Como mínimo, se reconocen los derechos a obtener intervención humana por parte del responsable, a expresar su punto de vista y a impugnar la decisión⁵³⁰. En este caso, cabe considerar que la condición de responsable debe asumirse por la parte que ha predispuesto la utilización de los *smart legal contracts*, ya que esta tendrá la posibilidad de establecer las garantías a las que hace referencia el art. 22.3 RGPD. Una de las consecuencias más relevantes de la aplicación del art. 22.3 RGPD a los *smart legal contracts* es que el “responsable del tratamiento” deberá asegurar la posibilidad de intervenir en la ejecución de los contratos legales inteligentes, esto es, el responsable deberá garantizar la posibilidad de paralizar sus efectos y revertirlos⁵³¹.

En definitiva, el art. 22 RGPD dispone de una regulación que establece una serie de garantías en favor de aquellos que se ven afectados por las “decisiones” de los *smart legal contracts*. Estas garantías, en el caso de que se implementasen correctamente, garantizarían en gran medida los derechos de las personas que interaccionaran con los contratos legales inteligentes y que se encontrasen en una posición que el legislador considerase digna de protección, como ocurre en el caso de los consumidores y usuarios.

iii. Conclusión

En conclusión, la compatibilidad de las redes DLT, tanto públicas como privadas, con el RGPD depende de que se adopten las medidas oportunas que concilien los requerimientos de estas tecnologías con el RGPD. Hay que tener en cuenta que la normativa de protección de datos impone una serie de obligaciones de carácter formal que resultan inadecuadas para los registros DLT. En consecuencia, la disposición de exenciones para el tratamiento de datos en redes *peer-to-peer* podría resultar imperativa para lograr el condicionamiento voluntario de los registros DLT⁵³². Hay que tener en cuenta que los registros DLT se encuentran en una situación de

⁵²⁸ MICHÈLE FINCK se muestra partidaria de considerar que, en muchos casos, el art. 22 RGPD resultará aplicable a los *smart legal contracts*, debido a la necesidad de interpretar “decisión” en sentido amplio. FINCK, M., “Smart Contracts as a form of Solely Automated Processing under the GDPR”, *International Data Privacy Law*, Vol. 9, N 2, (2019), p. 83.

⁵²⁹ El problema que surge en este sentido consiste en que el estudio de la regulación de los *smart contracts* supera el ámbito propio de la normativa de protección de datos.

⁵³⁰ Art. 22.3 RGPD.

⁵³¹ FINCK, “Smart Contracts as a form of Solely Automated Processing...”, cit., p. 16.

Asimismo, hay que tener en cuenta que los principios de protección desde el diseño y por defecto obligan, una vez más a los responsables del tratamiento, a condicionar el desarrollo de la programación de los *smart legal contracts*, en el sentido de que deberán asegurarse de que el producto final resulta compatible con las disposiciones del RGPD.

Asimismo, el responsable asume ciertos deberes, como el de informar al afectado sobre la existencia de una decisión automatizada, la lógica aplicada, esto es, las razones o los criterios principales que el algoritmo habría tenido en cuenta para arrojar el resultado, así como la importancia y las consecuencias de dicho tratamiento para el interesado. FINCK, “Smart Contracts as a form of Solely Automated Processing...”, cit., p. 17.

⁵³² Destacan en este sentido, la disposición de un Registro de Actividades de Tratamiento (art. 30 RGPD) o la realización de la Evaluación de Impacto relativa a la Protección de Datos (art. 35 RGPD), entre otras.

desventaja respecto de los sistemas “centralizados”, que disponen de mejores condiciones para adaptarse al marco jurídico aplicable⁵³³.

Asimismo, dada la inseguridad jurídica que genera la aplicación de la normativa de protección de datos a las redes DLT, cabe barajar la introducción de instrumentos que aporten certeza a los operadores económicos, tales como las *No Action Letters*. Esta medida consiste en una declaración de la autoridad que exonera de responsabilidad a su beneficiario ante un posible incumplimiento regulatorio⁵³⁴. También puede recurrirse a la inclusión de estos proyectos en espacios de prueba seguros (*regulatory sandboxes*).

e. *Blockchain* y Derecho de sociedades

De acuerdo con MENÉNDEZ ARIAS, RODRÍGUEZ GARCÍA y ALCAIDE SOLER, las “organizaciones Blockchain” pueden clasificarse en “organizaciones descentralizadas autónomas (DAOs)” y otras “organizaciones basadas en Blockchain pero que no operan de forma plenamente autónoma, sino que la toma de decisiones final, o al menos algún proceso de esta está controlado por determinados individuos o entidades”⁵³⁵. Esta clasificación viene referida a organizaciones que el ordenamiento jurídico no contempla y que podrían resultar de muy difícil encaje en el Derecho de sociedades. No obstante, también cabría plantear la utilización de las DLTs por parte de sociedades que se han constituido conforme a las disposiciones vigentes⁵³⁶. Sin embargo, no cabe descartar la posibilidad de que esta distinción desaparezca como consecuencia de que los legisladores regulen a las llamadas “organizaciones blockchain”⁵³⁷. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que el regulador puede mostrarse reacio a dar carta de naturaleza a las “organizaciones blockchain” que se constituyan en redes DLT públicas, puesto que los registros así conformados pueden no resultar adecuados para alojar información de naturaleza confidencial⁵³⁸.

El siguiente análisis se estructura a partir de esta clasificación que diferencia entre “organizaciones Blockchain” que operan al margen de la reglamentación societaria y el uso de la DLTs por parte de sociedades constituidas con arreglo a los cauces que prevé el ordenamiento jurídico⁵³⁹.

i. Organizaciones *Blockchain*

En primer lugar, deben aclararse las diferentes clases de “organizaciones Blockchain” que cabe constituir en las redes DLT. Así, en primer lugar, V. BUTERIN identifica a las organizaciones

⁵³³ En consecuencia, el Comité Europeo de Protección de datos y cada una de las autoridades de control deben facilitar el cumplimiento del RGPD por parte de los proyectos DLT a través de acciones como: la aprobación de guías o directrices relativas al *compliance* del RGPD en redes DLT; la elaboración de códigos de conducta; y el desarrollo de una función certificadora que permita acreditar la seguridad jurídica del proyecto. FINCK, “Blockchain and the General Data...”, cit., p. 97.

⁵³⁴ SEC, “No Action Letters”, 2017, disponible en <https://www.sec.gov/fast-answers/answersnoactionhtm.html> (última consulta el 12.11.2019).

⁵³⁵ MENÉNDEZ ARIAS, M., RODRÍGUEZ GARCÍA, T., ALCAIDE SOLER, F., “Blockchain y Derecho Societario” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 492-493.

⁵³⁶ MENÉNDEZ ARIAS, RODRÍGUEZ GARCÍA, ALCAIDE SOLER, cit., p. 492.

⁵³⁷ RAMOS CUETO, P., CABALLERO AREAL, P., “La constitución de sociedades mercantiles en la blockchain. Un acercamiento al futuro”, *Revista Aranzadi Doctrinal*, N 6, (2019), p. 6. (de la base de datos Aranzadi Instituciones).

⁵³⁸ GÁLLEGO LANAU, M., “La aplicación de la tecnología de registro distribuido en la Junta General. Una primera aproximación”, *Revista de Derecho de Sociedades*, N 57, (2019), p. 7.

⁵³⁹ Respecto de las llamadas “organizaciones Blockchain” se plantea esencialmente la calificación jurídica del entramado virtual que se ha constituido, mientras que el análisis sobre la implementación de las DLTs en el régimen societario vigente se centra en cuestiones más específicas acerca de la conveniencia, posibilidad y modo de llevar a cabo esta aplicación de las tecnologías de registro distribuido en las sociedades.

descentralizadas o *decentralized organizations*. Se trata de estructuras en las que no existe propiamente un órgano de administración, puesto que las decisiones de gobierno se toman por parte de la totalidad de los titulares de la organización de manera descentralizada. Hay que distinguir esta primera clase de entidad de las organizaciones descentralizadas autónomas o DAO, las cuales se caracterizan por el hecho de que el órgano de administración se sustituye por una inteligencia artificial⁵⁴⁰ que autónomamente dirige recursos en orden a la consecución de los objetivos fijados por los partícipes de la organización⁵⁴¹.

La principal diferencia entre este tipo de organizaciones y el modelo societario vigente reside en el modo en el que se lleva a cabo la administración de la sociedad. Cabe recordar que la eliminación o sustitución de los órganos de administración tradicionales por *curators*⁵⁴² implica una vulnerabilidad de la organización *Blockchain* ante el tratamiento de problemas no previstos o defectos del código del *smart contract*⁵⁴³. Para tratar estas vulnerabilidades se requiere prever un sistema de gobernanza que permita adoptar una respuesta coordinada por parte de los miembros de la organización y delimitar las obligaciones de estos *curadores* o administradores parciales para dilucidar su régimen de responsabilidad frente a los socios de la organización y terceros⁵⁴⁴.

Este modelo organizativo también afecta a la configuración de la Junta General. Esto se debe a que el ordenamiento jurídico regula la Junta General como un órgano en el que se informa a los socios y estos deliberan y toman decisiones⁵⁴⁵ respecto de las cuestiones sobre las que este órgano tiene competencia. En cambio, en las organizaciones *Blockchain* los socios votan las propuestas directamente sin tener que conocer las opiniones de los demás al haber prescindido de este órgano de deliberación formal. De esta manera, la adopción de los acuerdos no se encuentra condicionada por una previa deliberación que haya podido “contaminar” el voto de los socios; las decisiones suponen la simple suma agregada de las opiniones de los socios⁵⁴⁶.

En cuanto a la calificación jurídica de estas organizaciones, cabe recordar que en sede de análisis de la responsabilidad civil frente a terceros se había equiparado a la red DLT con la sociedad colectiva, con la finalidad de que los integrantes del registro DLT respondiesen solidariamente con independencia del origen del daño. No obstante, debe advertirse que no cabe identificar plenamente a las organizaciones *Blockchain* con alguno de los tipos societarios que regula el Derecho español⁵⁴⁷.

⁵⁴⁰ HUERGO LORA advierte de que con esta expresión se hace referencia a una realidad demasiado genérica, ya que únicamente exige que un ordenador realice tareas propias del ser humano al ejecutar algún tipo de razonamiento. Sin embargo, y sin perjuicio de que resulte necesario trabajar con términos más precisos como el de algoritmos predictivos, estimo que en este contexto el uso de esta locución se encuentra justificado porque un sistema automatizado sustituye a la actuación humana. HUERGO LORA, A., “Una aproximación a los algoritmos desde el Derecho administrativo”, en A. HUERGO LORA (Dir.) y G.M DÍAZ GONZÁLEZ, *La regulación de los algoritmos*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 30-31.

⁵⁴¹ BUTERIN, V., “DAOs, DACs, DAs and More: “An Incomplete Terminology Guide”, 2014, disponible en <https://blog.ethereum.org/2014/05/06/daos-dacs-das-and-more-an-incomplete-terminology-guide/> (última consulta el 04.12.2019).

⁵⁴² Se trata de un actor que desempeña alguna función necesaria para la seguridad y funcionamiento de la red. En el caso TheDAO, el *curator* debía asegurarse de que las candidaturas de los proyectos de inversión presentados por los miembros de la DAO —denominados *contractors*— cumplieran con unas condiciones mínimas de seguridad, esto es, el *curator* actuaba como barrera de entrada al administrar la *whitelist* o lista de proyectos aprobados.

⁵⁴³ LAFARRE, VAN DER ELST, cit., pp. 8-9.

⁵⁴⁴ NAVARRO LÉRIDA, cit., p. 10.

⁵⁴⁵ LAFARRE, VAN DER ELST, cit., p. 8.

⁵⁴⁶ NAVARRO LÉRIDA, cit., p. 8.

⁵⁴⁷ Esto se debe, de un lado, a la falta de cumplimiento de formalismos esenciales que implican la sujeción de la organización al ordenamiento jurídico español y, de otro, a que estos organismos carecen de alguno

En definitiva, para las organizaciones *Blockchain* cabe prever por analogía la aplicación de los efectos jurídicos de las sociedades tipificadas respecto de determinadas cuestiones como la responsabilidad frente a terceros, aunque no deberá realizarse una equiparación plena entre estos entes descentralizados y los tipos regulados. La ausencia de un régimen jurídico omnicompreensivo para estas organizaciones requiere una intervención del legislador, intervención que deberá tener en cuenta sus singularidades⁵⁴⁸.

ii. La incorporación de las DLTs en el Derecho de sociedades español

Las DLTs disponen de una serie de aplicaciones que pueden mejorar el funcionamiento de las sociedades constituidas conforme a nuestro Derecho nacional. No obstante, por un lado, debe valorarse la conveniencia de introducir estas innovaciones en los procesos societarios y, de otro, debe analizarse la necesidad de reformar la regulación vigente para dar cabida a la incorporación de dichas novedades.

En primer lugar, cabe destacar que el Texto Refundido de la Ley de Sociedades de Capital (TRLSC, en adelante) requiere la intervención notarial y la inscripción en el Registro Mercantil para la constitución de las sociedades. Por tanto, el acto de la formación de la sociedad no podría llevarse a cabo directamente en un registro DLT. No obstante, si las sociedades se constituyesen en redes DLT privadas a cargo de los fedatarios públicos podrían ejecutarse en unidad de acto todos los trámites necesarios para su formación⁵⁴⁹, trámites que, en la actualidad, deben realizarse ante distintas instancias. En definitiva, la constitución de las sociedades podría migrar de los sistemas registrales “centralizados” a registros DLT gestionados por los fedatarios públicos⁵⁵⁰.

Las DLTs también disponen de aplicaciones para mejorar el proceso de representación de los títulos de participación en el capital social. Esta posibilidad se encuentra prevista en la legislación societaria del Estado de Delaware (EEUU) y en el *Code de commerce* de la república francesa. En cuanto a estos textos normativos, cabe señalar que ambas disposiciones exigen que el registro DLT en el que se representen las acciones y participaciones se encuentre *a cargo* de la sociedad que acuerda representar sus títulos en este tipo de registro, sin perjuicio de la opción por la externalización de su gestión⁵⁵¹. La exigencia de que el registro se encuentre *a cargo* de la sociedad plantea dudas en cuanto a la posibilidad de que la representación de los títulos pueda

de los elementos fundamentales de las sociedades reguladas, esencialmente la administración como órgano de gobierno de la sociedad. MENÉNDEZ ARIAS et al., cit., pp. 505-510.

No obstante, el Derecho societario estadounidense sí admitiría su calificación como *partnership*, el equivalente a nuestra sociedad colectiva. RODRIGUES, cit., p. 688.

⁵⁴⁸ En particular, deberá preverse un nuevo criterio de conexión que determine la ley aplicable a cuestiones propias del funcionamiento interno de las organizaciones *Blockchain*, como su validez o disolución. Esto se debe, especialmente en el caso de que estas organizaciones se constituyan en redes DLT públicas, a los problemas relacionados con la ausencia de un punto de conexión que vincule a la sociedad con un ordenamiento jurídico concreto, puesto que tanto el criterio de la “sede real” que múltiples ordenamientos jurídicos utilizan para definir la nacionalidad de las sociedades como el del domicilio estatutario pueden resultar inaplicables, si bien es cierto que este último ampararía los casos en que los desarrolladores o los miembros de la organización decidan voluntariamente someter la organización a una ley nacional.

⁵⁴⁹ RAMOS CUETO, CABALLERO AREAL, cit., p. 5.

⁵⁵⁰ En este sentido, cabe recordar que el legislador ya ha promulgado una serie de medidas, si bien es cierto que su aplicación se encuentra limitada a determinados tipos societarios, con la finalidad de reducir la burocracia que conlleva la constitución de las sociedades. En concreto, cabe destacar que la coordinación de los diferentes sujetos involucrados en la autorización de la sociedad constituye una de las claves de la celeridad del procedimiento. Por este motivo, el legislador creó mediante la Ley 14/2013 el Documento Único Electrónico como elemento que coordina la actuación de las diferentes administraciones.

Vid. Ley 14/2013, de 27 de septiembre, de apoyo a los emprendedores y su internacionalización (BOE núm. 233, de 28.09.2013).

⁵⁵¹ Así se desprende de la sección 224 de la Delaware General Corporation Law (2 Del. C § 224) y del art. L 228-1 del Code de commerce (JORF n° 0219 du 21 septembre 2000).

llevarse a cabo en una red DLT pública⁵⁵². En consecuencia, el ordenamiento jurídico español debe homologar los efectos jurídicos de los registros DLT a los propios de las anotaciones en cuenta gestionadas por los depositarios centrales de valores⁵⁵³ y concretar tanto las condiciones que el registro DLT debe reunir como el tipo de red o infraestructura en la que puede apoyarse este sistema.

Respecto de la posible sustitución de las anotaciones en cuenta por los registros DLT, las sociedades deben tener en cuenta que existen ventajas e inconvenientes. Así, subsisten dudas acerca de la escalabilidad de las DLTs, la inmadurez actual de estas tecnologías provoca que las inversiones en ellas se consideren de alto riesgo y los intermediarios se muestran reacios a facilitar una disrupción que puede acabar con su negocio⁵⁵⁴. Por otro lado, las DLTs, al contrario que el sistema de anotaciones en cuenta, permitirían, entre otros extremos, el conocimiento directo de los accionistas por parte del órgano de administración de la sociedad. Asimismo, cabe la posibilidad de coordinar los registros tradicionales y los distribuidos⁵⁵⁵.

Los *smart contracts* pueden utilizarse para automatizar procesos societarios que actualmente requieren la intervención de intermediarios y garantizar así la eficacia de los derechos de los socios y accionistas. En primer lugar, las DLTs permiten mejorar los aspectos relacionados con la identificación de los socios y la transmisión de información societaria, debido a que estas tecnologías permiten reducir tanto a los intermediarios que se interponen entre el socio y la sociedad como las formalidades que se exigen como condición para ejercer los derechos de propietario de la sociedad⁵⁵⁶. De hecho, la legislación vigente permite utilizar las DLTs para participar a distancia en las juntas generales de las sociedades de capital⁵⁵⁷.

⁵⁵² De hecho, GÁLLEGO LANAU destaca la inadecuación de las redes DLT públicas en el ámbito societario, puesto que sus características resultan incompatibles con los presupuestos sobre los que se asienta el Derecho de sociedades. Así, las redes DLT públicas no permitirían identificar a los accionistas que pretendan ejercitar su derecho de voto mediante medios electrónicos. GÁLLEGO LANAU, cit., pp. 17-18.

⁵⁵³ El legislador no debe limitarse a reconocer la posibilidad genérica de registrar los títulos representativos del capital social en bases de datos distribuidas; hay que abordar la cuestión de la protección del tráfico jurídico de los títulos así representados. Por este motivo, resulta necesario que el legislador equipare los efectos jurídicos de la inscripción en un registro DLT con las anotaciones en cuenta bajo ciertas condiciones.

⁵⁵⁴ SONG, W., “Bullish on blockchain: examining Delaware’s approach to distributed ledger technology in corporate governance law and beyond”, *Harvard Business Law Review*, Vol. 8, (2017), pp. 18-20.

⁵⁵⁵ GÁLLEGO LANAU, cit., pp. 15-16.

En este caso, el registro gestionado por el DCV reflejaría los movimientos acaecidos en la base de datos DLT.

⁵⁵⁶ En particular, cabe destacar la posibilidad de suprimir el requisito de acreditar previamente la condición de accionista (legitimación anticipada) y permitir así que los propietarios ejerciten directamente sus derechos en la junta general de las sociedades cotizadas sin necesidad de que intervengan los intermediarios, tal y como establece la Directiva (UE) 2017/828 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2017, por la que se modifica la Directiva 2007/36/CE en lo que respecta al fomento de la implicación a largo plazo de los accionistas (DOUE, L 132/1, de 20.5.2017). GÁLLEGO LANAU, cit., pp. 14-19.

⁵⁵⁷ La regulación admite esta posibilidad, siempre que la intervención a distancia se lleve a cabo en los términos de los estatutos sociales y del reglamento de la junta general y con la condición de que en cualquier caso se garantice debidamente la identidad del sujeto que participa o vota y la seguridad de las comunicaciones electrónicas. Vid. art. 521 del TRLSC.

Cabe mencionar que esta participación a distancia a través de las DLTs ya se ha puesto en práctica. Vid. la nota de prensa del Banco Santander donde se comunica que: “Santander y Broadridge utilizan por primera vez tecnología blockchain para votar en una junta general de accionistas”, disponible en <https://www.santander.com/content/dam/santander-com/es/documentos/historico-notas-de-prensa/2018/05/NP-2018-05-17-Santander%20y%20Broadridge%20utilizan%20por%20primera%20vez%20tecnologia%20C3%ADa%20blockchain%20para%20votar%20en%20una%20ju-es.pdf> (última consulta el 04.02.2020).

Asimismo, tras la publicación de la Ley 5/2021, de 12 de abril, por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, y otras

Por otro lado, los *smart contracts* pueden automatizar aspectos societarios referentes tanto a la junta general como a la administración de la sociedad, tales como el reparto de dividendos, el control del quórum de asistencia y el ejercicio de las votaciones⁵⁵⁸. En definitiva, en nuestro sistema societario la autonomía de la voluntad permite implementar las DLTs para mejorar determinados aspectos del gobierno y funcionamiento de las sociedades. No obstante, hay que tener en cuenta la vigencia de otras disposiciones que se oponen a la introducción de estas innovaciones, principalmente debido a que exigen la presencia de intermediarios para ciertos procesos. En este sentido, cabe recordar que la legislación española vigente no es tecnológicamente neutral por no aplicar los efectos jurídicos de las anotaciones en cuenta a los títulos representados en un registro DLT.

No obstante, cabe apuntar que cierto sector doctrinal se muestra escéptico acerca de la existencia de incentivos suficientes en el sector privado para hacer las inversiones que requiere la implementación de las DLTs en el ámbito societario. Estos expertos apuntan a que las funcionalidades de las DLTs no solucionan los principales problemas que afectan a las sociedades de capital al tiempo que la migración hacia los sistemas descentralizados implicará nuevos riesgos⁵⁵⁹. En cualquier caso, conviene retener que las aplicaciones de las DLTs pueden facilitar el cumplimiento de disposiciones del Derecho societario, como los recientes artículos 496 y 497 del TRLSC relativos al fomento de la implicación de los accionistas en las sociedades cotizadas, pero subsisten problemas legales, tecnológicos y sociológicos que dificultan su implantación⁵⁶⁰.

En conclusión, las aplicaciones de las DLTs en el ámbito societario deberían avivar el debate parlamentario acerca de la necesidad, de un lado, de flexibilizar la regulación del TRLSC para permitir la realización de determinados procesos sin la intervención de intermediarios y, de otro, de aplicar el principio de equivalencia funcional para equiparar los efectos jurídicos de las DLTs y de las bases de datos tradicionales.

normas financieras, en lo que respecta al fomento de la implicación a largo plazo de los accionistas en las sociedades cotizadas (BOE núm. 88, de 13.04.2021), cabe admitir la asistencia telemática mediante las DLTs en todas las sociedades de capital, siempre que los estatutos sociales lo prevean y autoricen.

⁵⁵⁸ MENÉNDEZ ARIAS, et al., cit., pp. 517-519.

Cabe destacar que la introducción de las juntas exclusivamente telemáticas en el TRLSC puede suponer un impulso para la aplicación de las DLTs en el ámbito societario. Esto se debe a que anteriormente las DLTs tan solo se podían implementar en el marco de las llamadas juntas híbridas, esto es, juntas que implican el desarrollo de una reunión física sin perjuicio de que algunos accionistas o socios participen en estas a través de medios telemáticos, porque el TRLSC no contemplaba la junta exclusivamente virtual. GÁLLEGO LANAU, cit., pp. 20-21.

Ahora bien, en caso de que los estatutos prevean la posibilidad de que los administradores convoquen juntas sin asistencia física o exclusivamente virtuales, la junta podrá celebrarse en una plataforma en línea que utilice las tecnologías de registro distribuido. Así, los votos válidamente emitidos quedarían registrados en una base de datos inmutable y completamente verificable. Esto permitiría solventar algunos de los posibles problemas que las juntas virtuales pueden acarrear para las minorías, como la falta de respuesta de los administradores a las preguntas formuladas por los socios o accionistas sin poder de destitución. VAN DER ELST, C., LAFARRE, A., “Blockchain and Smart Contracting for the Shareholder Community”, *European Business Organization Law Review*, Vol. 20, N 1, (2019), pp. 127-129.

⁵⁵⁹ Así, en lo que respecta al fomento de la implicación de los accionistas y socios en las juntas generales, PEINADO GRACIA y BEDNARZ señalan que la falta de participación de los propietarios del capital en la vida societaria no se debe a una limitación de carácter técnico derivada de la existencia de una larga cadena de intermediarios, ya que en realidad esta se produce debido a la existencia de un tipo de inversor que se limita a buscar rendimientos sin involucrarse en la gestión de la sociedad. PEINADO GRACIA, J.I., BEDNARZ, Z., “Cuestionando las bondades de la «blockchain» en las juntas generales. ‘un martillo buscando un clavo’”, *Revista de Derecho de Sociedades* N 61, (2021), p. 41 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

⁵⁶⁰ BEDNARZ, Z., “El uso de la tecnología blockchain en las sociedades cotizadas. La implicación de los accionistas”, *Revista de Derecho de Sociedades*, N 58, (2020), p. 23 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

2. Principales aplicaciones de las DLTs

Además de un análisis transversal del impacto de las DLTs en diversos sectores del ordenamiento jurídico, la adaptación de nuestro Derecho a esta tecnología requiere analizar el régimen jurídico que requieren diversas aplicaciones concretas de las DLTs. A título ilustrativo, se abordan sumariamente las siguientes:

A. *Smart contracts*

a. Consideraciones generales

Los contratos inteligentes amplían las aplicaciones que pueden desplegarse sobre la base de un registro DLT⁵⁶¹. Así, sin *smart contracts*, a partir de una base de datos DLT pueden desarrollarse “aplicaciones de registro”⁵⁶². Por otro lado, si el registro DLT admite que se desplieguen en este *smart contracts*, estos sistemas resultan compatibles con el desarrollo de las llamadas aplicaciones contractuales. Se trata de aplicaciones que permiten instrumentalizar y automatizar relaciones contractuales y organizativas.

Las siguientes consideraciones van únicamente dirigidas a los *smart contracts* con implicaciones legales por automatizar la ejecución de obligaciones, esto es, el estudio se centra en los llamados *smart legal contracts*⁵⁶³.

Cabe analizar la naturaleza jurídica de los *smart contracts* para dilucidar si estos constituyen un negocio jurídico, un acto jurídico derivado del contrato en que se basa o, simplemente, un mero hecho jurídico consistente en la ejecución automática del contrato⁵⁶⁴. Una dificultad para considerar viene dada por el hecho de que un *smart legal contract* puede incorporar directamente los términos contractuales pactados o, por el contrario, limitarse a implementar en código de ejecución automatizada un acuerdo contractual plasmado previamente en otro tipo de soporte⁵⁶⁵. El *smart legal contract* constituye un tipo de soporte que cristaliza una parte o la totalidad del contrato. Esto significa que los *smart legal contracts* no se corresponden con ninguna categoría contractual en concreto; se trata de un tipo de soporte que afecta al modo en que los pactos jurídicos se expresan (en lenguaje de programación —sin perjuicio de la existencia de otro soporte documental en el que se deje constancia del contrato en lenguaje natural—) y en cómo se ejecutan⁵⁶⁶. El código materializa en todo o en parte las cláusulas del contrato en un lenguaje de programación.

⁵⁶¹ Se sigue la clasificación que realiza VILALTA NICUESA en VILALTA NICUESA, cit., pp. 55-56.

⁵⁶² En este caso, el uso del registro DLT se limita a la representación de activos digitalizados, a la constitución de activos netamente virtuales y a la monitorización de la transferencia de la titularidad de estas representaciones o activos entre los usuarios de la red. Dentro de este grupo destaca el caso de Bitcoin, puesto que este constituye en esencia el registro de un sistema monetario descentralizado, sin perjuicio de que esta red también pueda utilizarse para otras finalidades.

⁵⁶³ Mención aparte requieren los *smart contracts* que incorporan inteligencia artificial. Este es el caso de los contratos inteligentes que rigen las llamadas organizaciones descentralizadas autónomas. Este tipo de *smart contracts* deben considerarse contratos algorítmicos. Un contrato es algorítmico en la medida en que una o más partes utilizan un algoritmo para determinar la perfección del contrato y sus condiciones. Solo los llamados algoritmos de “caja negra”, esto es, aquellos que producen consecuencias contractuales que no resultan explicables por su programador debido a que estos actúan con autonomía y aprenden con autosuficiencia, suscitarán los problemas del llamado contrato algorítmico. SCHOLZ, L.H., “Algorithmic Contracts”, *Stanford Technology Law Review*, Vol. 20, N 2, (2017), pp. 134-136.

⁵⁶⁴ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Blockchain: primeras cuestiones...”, cit., pp. 159-160.

⁵⁶⁵ LÓPEZ JIMÉNEZ, “Banca digital y “Fintech...”, cit., p. 76.

⁵⁶⁶ VILALTA NICUESA, cit., pp. 28-29.

No obstante, este soporte no resultará adecuado para las relaciones contractuales sobre las que se proyectan juicios de valor, salvo que dispongan de inteligencia artificial⁵⁶⁷. Tampoco será idóneo para aquellas transacciones cuyas prestaciones no resulten susceptibles de una ejecución automatizada, como ocurre en el caso de las obligaciones personalísimas⁵⁶⁸.

Las fallas de seguridad no constituyen el único problema de los *smart contracts* como método de ejecución de programas obligacionales. En este sentido, cabe señalar que, en ocasiones y especialmente en el caso de las redes DLT públicas, no resulta posible verificar la validez legal de los *smart legal contracts*⁵⁶⁹. Así, uno de los problemas legales frecuentes que plantean los contratos legales inteligentes reside en la dificultad de identificación de las partes⁵⁷⁰. En definitiva, para garantizar la seguridad jurídica resulta necesario, por tanto, poder vincular los pseudónimos con las identidades reales de las partes contratantes, sin perjuicio de que —a priori— se mantenga la privacidad de cada contraparte⁵⁷¹.

La falta de fiabilidad de los datos que proporcionan los oráculos y los dispositivos externos que captan y transmiten la información al contrato inteligente también constituye un riesgo relevante⁵⁷². El hecho de que el oráculo o sensor pueda proporcionar información incorrecta⁵⁷³ muestra la conveniencia de aplicar un régimen de responsabilidad objetiva a estos intermediarios, bien a sus titulares, bien a los fabricantes e importadores para el caso de que se encuentren en un estado defectuoso. Asimismo, debe valorarse el coste de las medidas destinadas a asegurar que los datos que se introducen en el *smart contract* son correctos. En este sentido, las partes deben

⁵⁶⁷ Los *smart contracts* que se sirvan de una “lógica borrosa o difusa” podrían aplicar las normas jurídicas a situaciones que resultasen ambiguas o para las que no existe una única respuesta correcta, y obtener la mejor solución posible. NAVAS NAVARRO, cit., p. 58.

No obstante, mientras no se disponga de dicha lógica, el uso de los *smart contracts* deberá circunscribirse a las relaciones jurídicas donde no quepa la interpretación de los hechos jurídicos.

⁵⁶⁸ VILALTA NICUESA, cit., p. 29.

⁵⁶⁹ En el caso de que uno de los contratantes haya predispuesto con terceras partes la contratación con *smart legal contracts*, cabe plantear si los posibles errores de programación del contrato legal inteligente podrían justificar la anulación del contrato celebrado en concepto de error obstativo. En definitiva, se cuestiona si un caso de divergencia entre la voluntad comercial expresada en el contrato legal inteligente y la interna de una de las partes podría justificar la anulación de la relación contractual. Sobre esta cuestión, NAVAS NAVARRO defiende que, salvo en el caso de que el adherente hubiera debido —de conformidad con el estándar de la diligencia media— detectar que la voluntad exteriorizada no se corresponde con la intención interna del predisponente, el contrato no debe anularse, es decir, la parte que decide emplear el *smart legal contract* debe soportar los riesgos de una deficiente programación en caso de error obstativo. NAVAS NAVARRO, cit., pp. 36-37.

Por su parte, PRENAFETA RODRÍGUEZ señala que la automatización de los contratos no constituye una garantía de determinados elementos contractuales cuya concurrencia resulta necesaria para la validez de los contratos, tales como la capacidad de los contratantes, la licitud del objeto del contrato, etc. PRENAFETA RODRÍGUEZ, cit., p. 6.

⁵⁷⁰ Si los perfiles que contratan a través de la red se corresponden con meros avatares virtuales no será posible acreditar la identidad de las partes y, por tanto, no se dispondrá de la posibilidad de verificar la capacidad o la condición de consumidor de los contratantes, entre otros aspectos.

⁵⁷¹ VILALTA NICUESA, cit., pp. 127-128.

⁵⁷² En el segundo caso, el *smart legal contract* utiliza el llamado Internet de las Cosas para obtener la información. LEGERÉN-MOLINA, “Los contratos inteligentes...”, cit., p. 201.

⁵⁷³ En este sentido, se ha escrito que:

“Blockchain permite garantizar la integridad e inmutabilidad de la información que registra, así como incorporar aquella que proviene de operadores de confianza y que es validada por los miembros de la red. Sin embargo, la utilización de esta tecnología no permite asegurar la veracidad de la información así adquirida, lo que abre las puertas a que pudieran existir errores de registro de información en la cadena de bloques”

PEREIRO CÁRCELES, M., “La utilización del blockchain en los procedimientos de concurrencia competitiva”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 50, (2019), p. 10.

asegurar tanto la seguridad informática del sistema como la seguridad de la información que se procesa⁵⁷⁴.

Ciertamente, los *smart contracts* permiten representar activos externos al registro DLT y automatizar la aplicación de consecuencias contractuales sin necesidad de recurrir a los Tribunales de Justicia⁵⁷⁵. Sin embargo, los *smart contracts* no podrán evitar el recurso a la jurisdicción en el caso de que concurran fallos en la programación, se introduzcan datos erróneos, etc. En definitiva, el *smart contract* constituye un soporte que permite automatizar la ejecución del contrato. No obstante, ni garantiza por sí solo la reducción de los costes de transacción ni asegura la irrevocabilidad de las consecuencias ejecutadas.

b. Régimen jurídico de los *smart contracts*

En primer lugar, resultará de aplicación el régimen jurídico del contrato que el *smart contract* automatice, es decir, el principio de neutralidad tecnológica implica que las relaciones jurídicas en las que intervenga un *smart legal contract* no dispongan de una regulación especial. Sin embargo, la presencia de un *smart legal contract* en los acuerdos contractuales sí puede obligar al legislador a adaptar el ordenamiento jurídico para afrontar los riesgos que plantea esta innovación tecnológica, aunque sin llegar a desvirtuar la naturaleza jurídica del contrato en cuestión⁵⁷⁶. En este contexto, la regulación del *smart legal contract* podría localizarse en un nuevo capítulo de la LSSICE, bajo la rúbrica de “contrato electrónico de ejecución automatizada”⁵⁷⁷.

⁵⁷⁴ ROSALES DE SALAMANCA, F., “Blockchain y autenticidad de la información”, 2018, disponible en <https://www.notariofranciscosales.com/blockchain-y-autenticidad-de-la-informacion/> (última consulta el 11.05.2019).

El problema de la seguridad de la información resulta especialmente significativo en el caso de los *smart contracts*, dado que otras aplicaciones de las DLTs no requieren procesar datos ajenos al propio entorno DLT. ROSALES DE SALAMANCA, cit.

La red de Bitcoin, por ejemplo, no presenta este problema de seguridad de la información. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que la “tokenización” de la economía requiere introducir información externa en el registro distribuido. Por tanto, en el caso de que los criptoactivos representen derechos sobre elementos externos al registro DLT, resultará necesario considerar tanto la seguridad informática como la seguridad de la información, mientras que los activos virtuales que no incorporan una referencia externa únicamente dependerán de la seguridad informática.

⁵⁷⁵ ROSALES DE SALAMANCA, cit.

⁵⁷⁶ LEGERÉN-MOLINA, “Los contratos inteligentes...”, cit., p. 220; TUR FAÚNDEZ, cit., p. 71.

⁵⁷⁷ No obstante, conviene separar el estudio del régimen jurídico del *smart legal contract* que “únicamente” automatiza la ejecución de un contrato conforme a un esquema condicional de aquellos supuestos más complejos donde el *smart legal contract* constituye una organización que ejecuta autónomamente acciones de conformidad con unas directrices. En este segundo caso, el contrato inteligente ha dado lugar a una DAO. Esto se debe a que estos segundos contratos inteligentes plantean cuestiones adicionales. Así, se ha discutido la posibilidad de reconocer a esta clase de entidades personalidad jurídica ante los problemas para imputarle a alguna persona la responsabilidad por los daños y perjuicios que estas entidades causan en determinados supuestos. Principalmente, debido a la imposibilidad de atribuir la responsabilidad a los programadores cuando los daños surgen como consecuencia de una acción plenamente autónoma.

En estos términos, la Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL)) propone la consideración de un marco jurídico que dote a la inteligencia artificial de una personalidad jurídica específica. Así ERCILLA GARCÍA, J.A., “Aproximación a una personalidad jurídica específica para los robots”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 47, (2018), p. 3 (de la base de datos Aranzadi Instituciones).

A caballo entre los *smart legal contracts* “simples” y los contratos legales inteligentes que implementan organizaciones descentralizadas se encuentra el caso de los contratos algorítmicos y el de los llamados contratos autoconscientes (*self-aware contracts*). Se trata de *smart legal contracts* con capacidad para adoptar decisiones autónomas en virtud de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. Sin embargo, en estos supuestos no resultaría procedente conceder personalidad jurídica a este tipo de contratos inteligentes, ya que estos reducen su función a la perfección de los contratos y a la ejecución de sus consecuencias contractuales. VILALTA NICUESA, cit., pp. 30-31.

Un principio cardinal para la regulación de los *smart legal contracts* que se limitan a automatizar la ejecución de determinadas consecuencias contractuales consiste en que este código debe actuar con imparcialidad respecto de las partes. Esto implica que el resultado de la ejecución no puede quedar al arbitrio de ningún contratante. Este principio resulta fundamental para prevenir abusos por parte del contratante que ha dispuesto el uso del *smart legal contract*⁵⁷⁸. Asimismo, resulta necesario garantizar la veracidad de la información que se comunica al *smart legal contract*, por lo que se requerirá que tanto los oráculos como los dispositivos que suministren datos al contrato inteligente actúen con imparcialidad. Estas obligaciones resultan especialmente relevantes en el caso de las relaciones de consumo, aunque también podrían exigirse para las transacciones en las que las partes se sitúan en un plano de igualdad teórico⁵⁷⁹.

Por otro lado, cabe destacar que, incluso en el caso de que se prevean las garantías anteriores, los afectados deben disponer de la facultad de impugnar las consecuencias de la ejecución automatizada del *smart legal contract*. No obstante, se ha de considerar qué ocurre con los contratos legales inteligentes alojados en redes DLT públicas como Ethereum, en las que los cambios de estado que procesan los nodos son teóricamente inmutables. En este caso, cabe recordar la posibilidad de que los programadores prevean funciones para revertir los efectos de la ejecución automatizada, además de la siempre latente posibilidad de reescribir el historial de transacciones a través de los *forks* o bifurcaciones⁵⁸⁰. En este sentido, podría plantearse que las funciones de reversibilidad coincidan con el plazo del consumidor para ejercer el derecho de desistimiento. Sin embargo, debe cuestionarse qué ocurre con la posibilidad de revertir el contrato una vez que se han superado los plazos para ejercer el derecho de desistimiento⁵⁸¹ y, en general, qué sucede con la derogación de los efectos de los *smart legal contracts* en ausencia de funciones de reversión⁵⁸².

Podría plantearse, como sugieren ciertos autores⁵⁸³, la conveniencia de imponer la obligación de disponer de funciones de reversibilidad no limitadas a un plazo concreto. De esta manera, el

⁵⁷⁸ TUR FÁUNDEZ, cit., p. 70.

⁵⁷⁹ En estos casos podría exigirse que el predisponente disponga de una certificación emitida por una autoridad de control autorizada o cualquier otro tipo de garantía que tenga por objeto verificar la idoneidad del contrato inteligente. De esta manera, una empresa, una vez que dispone de una prueba de la imparcialidad del *smart legal contract* en cuestión, podrá imponer a una pluralidad de contratos de consumo la ejecución automatizada de determinadas cláusulas contractuales, extremo que beneficiará significativamente su actividad.

⁵⁸⁰ Cabe indicar que el ataque al fondo de inversión “TheDAO”, organización descentralizada autónoma hospedada en la red DLT pública de Ethereum, tuvo lugar precisamente porque se previó una función de reversibilidad que adolecía de una vulnerabilidad que un atacante aprovechó para traspasarse todos los fondos de la DAO. Igualmente, la solución al problema vino dada por la aplicación de un *hard fork* para revertir los cambios de estado en virtud de los cuales el atacante se apropió de los fondos ajenos, si bien es cierto que la bifurcación también provocó una escisión en la cadena de bloques. Vid. MADEIRA, A., “The Dao, the Hack, the Soft Fork and the Hard Fork”, 2019, disponible en <https://www.cryptocompare.com/coins/guides/the-dao-the-hack-the-soft-fork-and-the-hard-fork/> (última consulta el 18.08.2019).

⁵⁸¹ TUR FÁUNDEZ, cit., pp. 78-79.

⁵⁸² VILALTA NICUESA se inclina por considerar que para estos contratos no existe otro remedio más que la aplicación de compensaciones y, como medida preventiva, la limitación de los efectos temporales de los *smart legal contracts* para casos como las relaciones contractuales indefinidas, los intercambios basados en la confianza, etc. VILALTA NICUESA, cit., p. 152.

No obstante, la limitación de las acciones y remedios que el ordenamiento jurídico pone a disposición de los ciudadanos introduce demasiada rigidez en el sistema y puede conllevar el efecto de disminuir las garantías de los ciudadanos.

⁵⁸³ LEGERÉN-MOLINA, “Los contratos inteligentes...”, cit., p. 228.

NAVARRO DE ANDRÉS también apunta a la necesidad de procurar la coherencia entre el historial de transacciones del registro DLT y el Derecho declarado por los tribunales. NAVARRO DE ANDRÉS, cit., p. 351.

régimen jurídico de la invalidez e ineficacia contractual resultaría aplicable a los *smart legal contracts* en virtud de la posibilidad de revertir sus efectos a requerimiento judicial, incluso tras la superación del periodo de desistimiento. En este sentido, conviene apuntar que el primer proyecto de regulación de la UE acerca de los contratos inteligentes, contenido en la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización, establece la necesidad de que el smart contract disponga de “mecanismos de resolución y suspensión seguros”⁵⁸⁴.

Del caso “TheDAO”⁵⁸⁵ cabe inferir las siguientes propuestas. En primer lugar, en las redes DLT públicas resultará viable prever una función de reversibilidad para anular los efectos de la ejecución de un *smart legal contract*. En ausencia de dicha función, únicamente podrá modificarse el historial de transacciones a través de la ejecución de un *hard fork* o bifurcación. No obstante, hay que tener en cuenta que el recurso al *hard fork* como medio de solución ordinario de las controversias de los implicados no parece una opción viable, dado que el cambio debe adoptarse por parte de la mayoría de la comunidad de nodos que integran la red DLT y los potenciales desacuerdos pueden provocar una escisión en la comunidad. Una vez más, debe acudirse al previo condicionamiento del registro DLT para lograr una conciliación entre la tecnología y el Derecho.

Por otro lado, el legislador debería plasmar en el Derecho positivo el hecho de que la decisión de automatizar la ejecución de un contrato mediante un *smart legal contract* suspende la posibilidad de instar la ejecución judicial de las obligaciones contractuales hasta que el contrato inteligente “se amortice”, al igual que ocurre con los títulos valores respecto de la “obligación causal”⁵⁸⁶. Ahora bien, en el caso de que el deudor consiga eludir indebidamente la ejecución automatizada, el acreedor podrá recurrir a los remedios tradicionales del cumplimiento⁵⁸⁷.

Para las relaciones de consumo, tanto las que se celebran íntegramente mediante medios telemáticos como aquellas que se documentan por escrito y en soporte electrónico, los *smart legal contracts* deberán cumplir con los requisitos de información pre y post contractual que impone la

⁵⁸⁴ No obstante, la citada propuesta normativa únicamente regula tangencialmente los contratos inteligentes, ya que en esta regulación el legislador se limita a establecer requisitos esenciales para asegurar la interoperabilidad de los *smart contracts* en el contexto de la actividad de intercambio de datos.

En cualquier caso, esta obligación suscita la cuestión de las consecuencias de su incumplimiento, esto es, si los *smart legal contracts* que resultan “inmutables” al no disponer de estos mecanismos carecen de validez. Vid. DREXL, J., BANDA, C., GONZÁLEZ OTERO, B., HOFFMANN, J., KIM, D., KULHARI, S., MOSCON, RICHTER, H., WIEDEMANN, K., “Position Statement of the Max Planck Institute for Innovation and Competition of 25 May 2022 on the Commission’s Proposal of 23 February 2022 for a Regulation on harmonised rules on fair access to and use of data (Data Act)”, *Max Planck Institute for Innovation & Competition Research Paper*, N 22-05, (2022), p. 85.

⁵⁸⁵ En 2016 se desarrolló mediante *smart contracts* una organización descentralizada autónoma conocida como TheDAO. La idea sus programadores era utilizar TheDAO como un vehículo de inversión colectiva que admitiese una gestión descentralizada y autónoma. Así, los inversores intercambiarían Ethers por *tokens* que otorgarían derechos de voto y de participación en los rendimientos obtenidos con las inversiones en criptoactivos. No obstante, el *smart contract* sufría de un *bug* o fallo de programación que podía explotarse por parte de un atacante para robar los Ethers invertidos en la DAO. El 13 de junio de 2016 un actor malicioso utilizó dicha vulnerabilidad para sustraer Ethers por valor de 168 millones de dólares. La plataforma de Ethereum podía optar por tres alternativas: dejar que el atacante consumara el robo, “congelar” los fondos detraídos ilegítimamente y revertir la operación del agresor mediante un *hard fork*. La mayoría de la red eligió la última opción.

MEHAR, M. I., SHIER, C., GIAMBATTISTA, A., GONG, E., FLETCHER, G., SANAYHIE, R., KIM, H.M., LASKOWSKI, M., “Understanding a Revolutionary and Flawed Grand Experiment in Blockchain: The DAO Attack”, *Journal of Cases on Information Technology*, Vol. 21, N 1, (2019), pp. 19-20.

⁵⁸⁶ En definitiva, se plantea extender la aplicación del art. 1170 Cc *in fine* a los contratos legales inteligentes. Esta disposición prescribe en relación con los títulos valores que

“Entre tanto la acción derivada de la obligación primitiva quedará en suspenso”.

⁵⁸⁷ TUR FÁUNDEZ, cit., pp. 107-108

LSSICE, en el caso de la contratación electrónica, y el TRLGDCU⁵⁸⁸. Asimismo, resulta necesario proteger al adherente mediante la aplicación de la regla de que la información expresada en lenguaje natural debe prevalecer sobre el código informático en caso de discrepancia⁵⁸⁹.

Más polémica resulta la medida tuitiva consistente en que el consentimiento del consumidor o adherente deba recaer tanto sobre el objeto y causa del contrato como sobre el hecho de que el *smart legal contract* se ejecute automáticamente⁵⁹⁰. Se comparte la apreciación de que el uso de contratos inteligentes no requiere la obtención de un consentimiento adicional, de tal manera que no podrá atacarse la validez del contrato mediante la alegación de que ha tenido lugar un error o vicio del consentimiento acerca de su ejecución automatizada⁵⁹¹.

Por último, no cabe olvidar las garantías que establecen los arts. 13 y 22 del RGPD en favor de los ciudadanos que se vean afectados por las “decisiones” de los *smart legal contracts*.

c. Algunas incógnitas legales que plantean los *smart contracts*

La ejecución automatizada de los *smart contracts* ofrece evidentes beneficios en términos de reducción de la litigiosidad. No obstante, su empleo podría suscitar una serie de incógnitas legales. Así, podría plantearse que el *smart legal contract* constituye un supuesto de *pacto comisorio* a partir del espíritu del art. 1859 Cc o un contrato que infringe la prohibición de autotutela a los efectos de refutar la ejecución automatizada⁵⁹². En cualquier caso, nuestro ordenamiento jurídico necesita una regulación equilibrada de los *smart legal contracts* que concilie los intereses de los acreedores y deudores, especialmente en el caso de que los últimos constituyan consumidores y usuarios⁵⁹³.

⁵⁸⁸ TUR FÁUNDEZ cit., pp. 71-73.

⁵⁸⁹ VILALTA NICUESA, cit., p. 128.

⁵⁹⁰ TUR FÁUNDEZ parece sugerir que esto podría conllevar que la parte que propone el uso de un *smart legal contract* debiera informar a la contraparte de su existencia y obtener su consentimiento acerca de la utilización del contrato legal inteligente para evitar que el interlocutor impugne eventualmente la validez del contrato con motivo de una posible nulidad que tenga su origen en un vicio del consentimiento. TUR FÁUNDEZ, cit., pp. 80-84.

VILALTA NICUESA, en cambio, se opone al establecimiento de un doble consentimiento como condición de uso de los contratos inteligentes, puesto que la ejecución automatizada es una consecuencia natural de la utilización de este soporte y el ordenamiento jurídico no establece la necesidad de un consentimiento adicional en función del medio en el que se manifiesta el contrato. VILALTA NICUESA, cit., pp. 132-133.

⁵⁹¹ TUR FÁUNDEZ, cit., pp. 84-87.

⁵⁹² En primer lugar, cabe destacar que el caso de los *smart legal contracts* no encaja con ninguna de las normas que prohíben expresamente la autotutela en nuestro ordenamiento jurídico. Así, al contrato legal inteligente no le resultan aplicables ni el art. 455 del Código Penal, Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal (BOE núm. 281, de 24.11.1995), ni el art. 1859 Cc en relación con el art. 1884 del mismo cuerpo legal para el caso de, por ejemplo, el *smart legal contract* que implemente un contrato de “arrendamiento de vehículo autoejecutable”.

Esto se debe a que, por un lado, el delito de realización arbitraria del propio derecho exige la presencia de violencia, intimidación o fuerza en las cosas y, de otro lado, porque la “autoejecución prohibida” por el Derecho contractual viene referida a un bien dado en garantía. En definitiva, nada impide la constitución de una garantía sobre una cosa propia o en uso en virtud de un contrato consistente en la retención o inutilización del bien en caso de incumplimiento de la obligación garantizada. Por lo tanto, la ejecución automatizada resulta compatible con nuestro ordenamiento jurídico. Sin embargo, hay que tener en cuenta que su único sustento legal es la autonomía de la voluntad, la cual se encuentra limitada por las normas imperativas del Derecho de contratos y obligaciones y, para el caso de los contratos de consumo, por el haz de derechos de los consumidores y usuarios. En particular, habrá que examinar la imposición de los *starters interrupter devices* (SID, en adelante) desde la regulación de las cláusulas abusivas.

⁵⁹³ Los contratos legales inteligentes pueden controlar dispositivos inteligentes que ejecutarán sus instrucciones gracias al empleo de los SID. El SID constituye una forma de *self-help* o ejecución privada del Derecho —normalmente sobre una garantía— que no resulta una novedad en el Derecho comparado. Varios estados de EEUU disponen de regulación al respecto.

Como ya se ha adelantado, bajo determinadas condiciones se plantea la necesidad de reconocer personalidad jurídica a los *smart legal contracts*. Un primer caso en el que esta solución podría darse se produciría en el ámbito de la contratación entre máquinas que tendría lugar en virtud del Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT en adelante). Esto se debe a que el llamado IoT no se limita a conferir a los propietarios el control a distancia de sus dispositivos gracias al uso de *embedded software*, sino que brinda la posibilidad de que estos objetos conectados a internet se comuniquen entre sí con la finalidad de acordar autónomamente la celebración de contratos *Machine to Machine*, o M2M. No obstante, existen otros planteamientos que se adaptarían mejor a la naturaleza de los posibles problemas que plantearían los *smart legal contracts* en este supuesto⁵⁹⁴.

Sin embargo, la personalidad jurídica sí debe considerarse una solución adecuada para la constitución de organizaciones descentralizadas que gozan de un elevado grado de autonomía mediante *smart contracts*, ya que la autonomía entraña ausencia de control por parte de los miembros de la DAO. Por este motivo, se ha acuñado la expresión “responsabilidad de la inteligencia artificial” para referirse a los problemas que causa esta autonomía en el supuesto de

Así, en primer lugar, debe apuntarse que en algunos Estados de EEUU los SID como instrumentos para la ejecución contractual privada resultarán legales en la medida en que respeten los derechos que el ordenamiento jurídico aplicable otorga a los deudores: el derecho a un plazo antes de cuyo vencimiento la deuda no podrá reputarse impagada y el derecho a enervar la ejecución instada por el acreedor, típicamente en caso de pago. Otros Estados, por el contrario, permiten el SID siempre que no resulte comprometida la seguridad del usuario. En definitiva, un grupo de Estados admite el uso del SID siempre que no se perjudique la seguridad del consumidor o usuario, mientras que otro conjunto de Estados condiciona la utilización de esta herramienta al cumplimiento de una serie de requisitos adicionales.

ATTA-KRAH, K.D., “Preventing a Boom from Turning Bust: Regulators Should Turn Their Attention to Starter Interrupt Devices Before the Subprime Auto Lending Bubble Bursts”, *Iowa Law Review*, Vol. 101, N 3, (2016), pp. 1204-1208.

⁵⁹⁴ Para HERRERA HERRERA, la figura jurídica del precontrato aporta una base jurídica suficiente para la contratación M2M, dado que esta autorizaría considerar que las máquinas ejecutan la voluntad que las partes han expresado con carácter previo. No obstante, cabe destacar que actualmente la doctrina mayoritaria entiende que el precontrato constituye, en realidad, el contrato definitivo. La particularidad del precontrato consiste en que la eficacia del contrato queda supeditada a la voluntad de una de las partes. En definitiva, plantear que el consentimiento del dueño del dispositivo se ha otorgado previamente se enfrenta al problema de que el algoritmo de la máquina es el verdadero responsable de la toma de las decisiones contractuales. HERRERA HERRERA, F., “Contratos inteligentes en el Internet de las Cosas: aspectos legales”, *Actualidad Civil*, N 6, (2019), p. 2 (de la versión disponible en La Ley Digital) y DíEZ-PICAZO Y PONCE DE LEÓN, L., *Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial Volumen I*, Civitas, Madrid, 2008, pp. 395-399 y SCHOLZ, cit., p. 149.

Por otra parte, L.H. SCHOLZ ha propuesto considerar que los algoritmos que intervienen en la contratación M2M constituyen agentes o representantes electrónicos de sus propietarios, en lugar de meros instrumentos. De esta manera, los algoritmos constituirían representantes cuyas acciones se imputan a los propietarios de los dispositivos. No obstante, EBERS destaca que este no constituye el único planteamiento válido para resolver el reto jurídico que plantea la creciente autonomía de las máquinas. Así, respecto de los daños y perjuicios que se generan con ocasión de la contratación M2M, se propone que, o bien el productor de los dispositivos responda conforme al régimen de la responsabilidad civil por bienes o servicios defectuosos, o bien los propietarios de los sistemas asuman las consecuencias de conformidad con un criterio de imputación objetivo. NAVAS NAVARRO también aboga por la atribución de responsabilidad a los propietarios respecto de los daños que hayan causado sus dispositivos con arreglo a un criterio de imputación objetivo.

SCHOLZ, cit., p. 169, EBERS, M., “La utilización de agentes electrónicos inteligentes en el tráfico jurídico: ¿Necesitamos reglas especiales en el Derecho de la responsabilidad civil?”, *InDret: Revista para el Análisis del Derecho*, Vol. 16, N 3, (2016), p. 17 y NAVAS NAVARRO, cit., p. 38.

Esta última solución constituye el tratamiento regulatorio más pragmático, debido a que obliga al propietario del dispositivo a realizar un seguimiento estricto de la actuación del algoritmo de “caja negra”, a asegurar los riesgos que generan estas máquinas y a ratificar expresamente sus actuaciones a través de la intervención humana. Cfr. SCHOLZ, cit., p. 167.

que una DAO ocasione daños a sus miembros o a terceros. El caso de TheDAO ilustra el problema⁵⁹⁵. El novedoso planteamiento, a pesar de que pudiera resultar prematuro⁵⁹⁶, evitaría estirar las categorías jurídicas vigentes en exceso⁵⁹⁷ y resulta más conforme con la realidad.

Asimismo, cabría plantear la conveniencia de que el legislador incluyera a las DAO como sistema de inteligencia artificial de alto riesgo a los efectos de aplicar a estas organizaciones el régimen prudencial dimanante de la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión⁵⁹⁸. No obstante, una vez más, la aplicación de este régimen jurídico puede verse enturbiada por la naturaleza descentralizada de las DAO.

En cuanto al funcionamiento de esta personalidad jurídica, cabe destacar que se activaría conforme a un sistema de responsabilidades en cascada, según el cual se exigirán los daños a la persona electrónica o cibernética cuando no pueda imputarse a ningún otro sujeto de derecho⁵⁹⁹. Sin embargo, la exigencia de responsabilidad de la “persona electrónica” requiere que esta disponga de un patrimonio que pueda ejecutarse para cubrir los daños y perjuicios ocasionados. La viabilidad de esta propuesta depende de la colaboración de los programadores de la DAO, esto es, de la aplicación del enfoque regulatorio *Law is Code*. Esto significa que los desarrolladores deben, bien contratar un seguro, bien prever funciones que determinen la liberación de los fondos de la DAO a partir de un determinado *input*, como un requerimiento judicial.

B. Nuevos mercados de valores.

a. *Tokens*

En el contexto de la DLT, se utiliza la voz *token* para designar activos digitales, generalmente financieros, registrados en una base de datos compartida cuyo contenido jurídico-patrimonial es totalmente configurable por sus emisores y que disponen de unas características técnicas tales que

⁵⁹⁵ KOLBER, A. J., “Not-So-Smart Blockchain Contracts and Artificial Responsibility”, *Stanford Technology Law Review*, Vol. 21, N 2, (2018), p. 201.

⁵⁹⁶ Un sector doctrinal considera prematuro regular la inteligencia artificial y la robótica. SÁNCHEZ DEL CAMPO REDONET, A., “Aspectos legales de la robótica” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 415.

Otro sector significativo de la doctrina se opone a la propuesta de reconocer personalidad jurídica a determinadas entidades cibernéticas, en este caso las DAO, como solución al problema de la imputación de responsabilidad. Algunos de los argumentos contrarios al reconocimiento de la personalidad jurídica de los entes cibernéticos como solución al problema de la imputación de responsabilidad son los siguientes: los daños provocados por las máquinas y entes cibernéticos siempre pueden imputarse a alguna persona física o jurídica; el reconocimiento de personalidad jurídica no constituye una solución práctica, y admitir la autonomía de las máquinas es perjudicial para el ser humano. HERNÁEZ ESTEBAN, E., “Inteligencia artificial y vehículos autónomos: el régimen de la responsabilidad civil ante los nuevos retos tecnológicos”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 49, (2019), p. 14 (de la base de datos Aranzadi Instituciones) y NÚÑEZ ZORRILLA, M.C., “Los nuevos retos de la Unión Europea en la regulación de la responsabilidad civil por los daños causados por la inteligencia artificial”, *Revista Española de Derecho Europeo*, N 66, (2018), pp. 8-9 (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

⁵⁹⁷ En este sentido, cabe recordar las dificultades que planteaba la responsabilidad de los daños causados a los miembros de una red DLT pública y a terceros, puesto que la ausencia de un responsable claramente identificable obliga a establecer responsabilidades colectivas o subsidiarias que pueden resultar tan injustas como eficaces. Vid. VILLAR PALASÍ, “Implicaciones jurídicas...”, cit., p. 643.

⁵⁹⁸ COM (2021) 206 final.

Con la redacción actual, la Propuesta de Reglamento sobre inteligencia artificial no resulta aplicable a las DAO porque estas no se encuentran comprendidas entre los sistemas a los que se refieren los anexos II y III de la citada propuesta normativa.

⁵⁹⁹ ERCILLA GARCÍA, cit., p. 15.

no resulta posible encuadrarlos en una única categoría jurídica⁶⁰⁰. Ante esta dificultad para concretar los elementos jurídicamente caracterizadores de los *tokens*, se procede a realizar una breve clasificación a los efectos de ganar claridad expositiva.

Los *tokens* pueden representar bienes, corporales o incorporeales, que existen fuera del marco del registro DLT en cuestión⁶⁰¹, pero también pueden constituir activos virtuales cuya existencia y funcionalidad se limite a dicho registro distribuido, ya sea como concepto abstracto —caso del dinero— o como un valor que proporcione alguna utilidad o derecho en el marco de una aplicación descentralizada⁶⁰². En el primer supuesto se ha de situar a la *tokenización* de activos inmuebles o la representación de acciones⁶⁰³, mientras que las criptomonedas constituyen un caso de criptoactivos cuya existencia en un registro DLT no depende de ningún elemento externo. Distinta de esta clasificación es la diferenciación que IBÁÑEZ JIMÉNEZ establece entre *tokens* nativos, como aquellos que producen los mineros o validadores en ejecución del protocolo de consenso del registro DLT, de los *tokens* derivados o derivados, que implican para el titular alguna clase de derecho contra un emisor⁶⁰⁴.

Tampoco cabe equiparar la clasificación funcional que establecen las autoridades suizas⁶⁰⁵, que identifica los usos o funciones que desempeña el criptoactivo, con su clasificación legal, fundamentalmente aquella que atiende a su consideración o no como valor negociable⁶⁰⁶. Indudablemente, los *tokens* de activos constituyen normalmente valores negociables, mientras que los *utility* y *payment tokens* no⁶⁰⁷. En ocasiones, sin embargo, las circunstancias particulares del caso concreto han obligado a que las autoridades consideren a los *utility tokens* como valores negociables o *securities*⁶⁰⁸.

Acerca de la clasificación funcional, cabe añadir que el *payment token* se identifica con la criptomoneda y se distancia de las otras dos clases funcionales de *tokens*. Esto se debe a que el

⁶⁰⁰ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, cit., pp. 214-215.

⁶⁰¹ Cuando un activo con existencia externa se introduce o, mejor, se representa en el registro distribuido, se produce su “tokenización”.

⁶⁰² RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, cit., p. 461.

⁶⁰³ A la hora de analizar los riesgos legales de la *tokenización* de inmuebles, se ha tratado fundamentalmente la desprotección que sufre el adquirente de derechos reales representados porque el derecho carece de eficacia frente a terceros. No obstante, también es posible representar otro tipo de derechos sobre inmuebles en un registro DLT. En este sentido, la empresa Reental coloca *tokens* que, sin representar derechos reales, confieren una participación en la explotación de los rendimientos de propiedades inmobiliarias. SÁNCHEZ GÁLVEZ, E., “¿Cómo funciona la tokenización inmobiliaria de Reental?”, <https://blog.reental.co/ayuda/como-funciona-la-tokenizacion-inmobiliaria-de-rentalt> (última consulta, el 29.08.2022).

Los instrumentos financieros y valores tradicionales también pueden constituir activos susceptibles de *tokenización*. Así, un bono emitido en un mercado regulado puede *tokenizarse* para circular a posteriori en una plataforma DLT. Iberclear, “BME, BBVA y BID realizan la primera emisión de un bono regulado registrado con blockchain en España”, 2022, disponible en https://www.iberclear.es/esp/Prensa/Nota-Prensa/20220726/nota_20220726_3/BME_BBVA_y_BID_realizan_la_primera_emision_de_un_bono_regulado_registrado_con_blockchain_en_Espana (última consulta, el 29.08.2022).

⁶⁰⁴ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Tokens valor...” cit., p. 67.

⁶⁰⁵ Esta, como ya se dijo en sede de Derecho comparado, encuadra a los distintos criptoactivos en las categorías de *tokens* de activos (*asset tokens*), como aquellos que representan derechos sobre activos; *tokens* de utilidad o de servicios (*utility tokens*), que dan a sus titulares derecho a utilizar alguna aplicación o servicio desarrollado por el emisor, y *tokens* de pago o *payment token*, sinónimo de criptomoneda o moneda virtual.

No obstante, conviene tener en cuenta que las concretas características de cada *token* pueden provocar que el criptoactivo considerado no se ajuste con carácter excluyente a ninguna de las tres categorías que recoge la clasificación funcional, ya que puede ocurrir que este encaje en todas o varias. QUINIOU, cit., p. 92. En dicho caso, deberá aplicarse la legislación más exigente para proteger los intereses de los inversores.

⁶⁰⁶ GURREA MARTÍNEZ, REMOLINA LEÓN, cit., p. 277.

⁶⁰⁷ FINMA, cit., pp. 4-5.

⁶⁰⁸ GURREA MARTÍNEZ, REMOLINA LEÓN, cit., p. 280.

concepto que se representa digitalmente es una divisa cuya existencia se limita al registro DLT y a que no se considera como un valor negociable, sin perjuicio de que los instrumentos financieros que toman a estas como referencia sí lo sean. En cambio, los *asset* y *utility token*, aunque divergentes en la teoría, son realidades que, en la práctica, son difícilmente distinguibles, ya que pueden representar a derechos de muy diversa índole.

Asimismo, estas tres categorías de *tokens* representan activos fungibles, puesto que, en principio⁶⁰⁹, resulta indistinto adquirir una u otra unidad. Por este motivo, se ha escrito que estas tres clases de *tokens* pueden agruparse en una supra-categoría: los *tokens* fungibles. Los *tokens* no fungibles se diferencian de los fungibles en que representan a un bien digital único. A su vez, cabe dividir a los *tokens* no fungibles en las subcategorías de criptoactivos no fungibles y transferibles, por un lado, y criptoactivos no fungibles y no transferibles, de otro⁶¹⁰. Los criptoactivos no fungibles y transferibles vienen dados por aquellos que resultan únicos y cuya replicabilidad no es posible, aunque sí su transmisión; los *tokens* no fungibles y no transferibles, en cambio, no admiten la enajenación⁶¹¹.

En general, jurídicamente el *token* consiste en un derecho patrimonial⁶¹² que puede constituir el objeto de derechos reales⁶¹³, aunque su circulación y régimen jurídico quedará condicionado por su programación. Otra cuestión es si el *token* ostenta la condición de valor negociable en la normativa del mercado de valores de la UE.

En cuanto a la delimitación de los *security tokens*⁶¹⁴ o criptoactivos sujetos a la normativa del mercado de valores, se ha de indicar que el concepto de *security*, que determina en el marco del Derecho estadounidense la aplicación de la *Securities Act* de 1933, utiliza un concepto material para identificar los valores sujetos a la supervisión de la SEC, mientras que el término de valor negociable empleado en el Derecho de la UE plantea un criterio mucho más formal basado en la

⁶⁰⁹ ASENSIO BORRELLAS sostiene que pueden existir series de criptoactivos fungibles con distinto valor, puesto que se puede individualizar a cada unidad. ASENSIO BORRELLAS, V.J., “El bitcoin: una primera aproximación jurídica en derecho civil español”, 2019, disponible en <https://elderecho.com/bitcoin-una-primer-a-proximacion-juridica-derecho-civil-espanol#:~:text=%E2%80%99CUn%20bitcoin%20es%20un%20bien,en%20transacciones%20de%20todo%20tipo> (última consulta el 24.06.2020).

⁶¹⁰ ARSLANIAN, FISCHER, cit., p. 140.

⁶¹¹ Los coleccionables serían un ejemplo de esta clase de *tokens*. Por otro lado, los *tokens* no fungibles y no transferibles vendrían dados por aquellos *tokens* que no resultan transmisibles, como la reputación.

⁶¹² El ilustre notario IGNACIO GOMÁ LAZÓN accedió a describir a los Bitcoins como bienes patrimoniales inmateriales que pueden constituir el objeto de derechos reales en el contexto de la autorización de una sociedad limitada con Bitcoins. GOMÁ LANZÓN, I., ¿Se puede constituir una sociedad con bitcoins?, 2014, disponible en <https://www.notariosyregistradores.com/doctrina/ARTICULOS/2014-sociedad-bitcoins.html> (última consulta el 07.12.2019).

⁶¹³ La ausencia de existencia corpórea no debe impedir considerar como bienes susceptibles de apropiación, idóneos por tanto para constituir el objeto de derechos reales, a nuevas entidades inmateriales que son producto del intelecto humano. GIL RODRÍGUEZ, J., *Artículo 333*, en A. CAÑIZARES LASO. P. DE PABLO CONTRERAS, F.J. ORDUÑA MORENO, R. VALPUESTA FERNÁNDEZ (Dir.), *Código Civil Comentado Volumen I*, Civitas, Madrid, 2016, p. 1340.

En contra de este criterio, de tal manera que los *tokens* solo podrían dar lugar a un derecho personal contra el emisor, vid. GARCÍA RODRÍGUEZ, A., “Initial Coin Offerings. El nuevo método de financiación nacido de la globalización y la revolución tecnológica”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 21, (2017), p. 8 (de la versión que obra en la base de datos La Ley Digital).

⁶¹⁴ Constituyen *security tokens*: los *security tokens puros*, como activos financieros contra el emisor; los *security tokens híbridos*, los cuales pueden proporcionar derechos económicos, derechos de uso de una aplicación descentralizada e, incluso, pueden constituir un medio de pago; *secutiry tokens* representativos de activos externos al registro DLT, los cuales carecen por el momento de la protección de la fe pública, y *security tokens* representativos de participaciones en instituciones de inversión colectiva como las DAO. MAAS, T., “Initial coin offerings: when are tokens securities in the EU and US?”, 2019, pp. 23-27, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3337514&download=yes (ultima consulta, el 16.09.2019).

noción de negociabilidad⁶¹⁵. Esto se debe a que la idea de valor negociable se encuentra estrechamente vinculada a la circulación en mercados multilaterales e impersonales.

b. Ofertas Iniciales de Moneda

Ahora bien, el *token*, además de ostentar una naturaleza singular frente a las categorías jurídicas conocidas, representa un activo —financiero o no— que permite a su emisor captar financiación a través de la Initial Coin Offering (ICO) para el proyecto que planea desarrollar. Este nuevo método de captación de recursos presenta una notable diferencia respecto de los esquemas tradicionales de financiación en los mercados financieros, basados en la emisión de capital o deuda. No obstante, en una ICO el inversor no adquiere títulos de capital o de deuda contra el emisor, sino un *token* representativo de derechos con un contenido altamente configurable⁶¹⁶. El hecho de que los *tokens* constituyan un mecanismo de financiación atípico provoca dificultades para su calificación contable⁶¹⁷.

Asimismo, importa destacar que la ICO ofrece nuevas posibilidades respecto de los mercados de capitales tradicionales. Así, el inversor puede elegir tanto participar en el proyecto empresarial como limitarse a planear el consumo de los servicios que una aplicación descentralizada va a ofrecer en el futuro. Hasta el momento, sin embargo, los inversores de criptoactivos han intervenido en mercados no regulados, de tal manera que han quedado sin protección frente a posibles asimetrías informativas y abusos de mercado⁶¹⁸.

La progresiva regularización de los criptoactivos debería acabar con esta situación. No obstante, bajo el Derecho vigente, los adquirentes de criptoactivos que no constituyan *security tokens* no gozarán de las garantías de las que disfrutaban los inversores de valores negociables. Se ha de advertir que la Propuesta de Reglamento MiCA ataja esta situación al prever un régimen jurídico

⁶¹⁵ MAUME, P., FROMBERGER, M., “Regulation of Initial Coin Offerings: Reconciling U.S. and E.U. Securities Laws”, *Chicago Journal of International Law*, Vol. 19, N 2, (2018), pp. 572-573.

Cabe valorar la conveniencia de una concepción amplia o restringida del *security token*. Dos argumentos se enfrentan. Una concepción amplia puede responder al afán tutivo del legislador, el cual extiende la aplicación de la normativa del mercado de valores a los inversores de criptoactivos. La aplicación de la normativa del mercado de valores protege especialmente los intereses de los inversores minoristas, ya que los inversores no profesionales pueden carecer de los conocimientos financieros necesarios para comprender los riesgos a los que se exponen. SERRA RODRÍGUEZ, A., “La protección del consumidor de productos financieros: el consentimiento informado”, en B. BELANDO GARÍN (Dir.) y B. ANDRÉS SEGOVIA (coords.) *La supervisión del mercado de valores: la perspectiva del inversor-consumidor*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017, pp. 153-154.

En contra, podría aducirse que esta noción amplia no casa con el concepto de “valor negociable” que el legislador de la UE ha establecido para armonizar las legislaciones de los Estados miembros. En cualquier caso, se ha de destacar que la Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifican las Directivas 2006/43/CE, 2009/65/CE, 2009/138/UE, 2011/61/UE, 2013/36/UE, 2014/65/UE (UE) 2015/2366 y (UE) 2016/2341 (COM(2020) 596 final) se limita a aclarar que los instrumentos financieros pueden emitirse mediante las DLTs.

⁶¹⁶ DEL CASTILLO IONOV, R., *Las initial coin offerings (ICOS) y la tokenización de la economía*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, p. 133.

⁶¹⁷ En principio, resultará razonable que la calificación contable y financiera de estos recursos desde la perspectiva de la emisora debiera corresponderse con la propia de los mecanismos de financiación tradicionales. Así, las acciones y participaciones “tokenizadas” deberían anotarse como patrimonio neto, mientras que la deuda *tokenizada* supondría un pasivo. En este sentido, GURREA MARTÍNEZ y REMOLINA LEÓN insistirán en tratar a determinados *security tokens* como recursos del patrimonio neto, aunque sin llegar a considerarlos acciones *de lege lata*. Vid. GURREA MARTÍNEZ, REMOLINA LEÓN, “Problemática jurídica...”, cit., p. 301.

⁶¹⁸ En torno a los múltiples avisos y comunicados de las autoridades vid. BLANCO SÁNCHEZ, M.J., “Situación regulatoria y actitud de las autoridades competentes ante el fenómeno de las ICOs (Initial Coin Offerings)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 23, (2018).

obligatorio para la emisión de *non-security tokens*⁶¹⁹. Como alternativa, cabría plantear el desarrollo de un régimen jurídico específico que regule la emisión de cualquier tipo de criptoactivo, constituya un *security token* o no. Esta hipotética regulación *ad hoc* debería resultar menos gravosa que el régimen jurídico de las OPV, aunque también debe evitar incurrir en una absoluta ausencia de garantías que desproteja al inversor de *tokens*⁶²⁰. La normativa específica debería, por tanto, atender a las concretas necesidades de los inversores de criptoactivos.

c. Infraestructuras de los mercados

Las DLTs pueden revolucionar el funcionamiento de la infraestructura de los mercados. Actualmente, desde que se acuerda una transacción hasta que se liquida definitivamente pueden transcurrir más de dos días con la infraestructura centralizada⁶²¹. Las DLTs permiten reducir significativamente este dilatado tiempo de espera. Asimismo, esta tecnología puede reducir el riesgo de contrapartida, esto es, el riesgo de insolvencia de la contraparte, durante el tiempo de confirmación de la transacción⁶²².

Las DLTs tendrían una especial incidencia en los procesos de post-contratación, tales como la compensación, la liquidación y el depósito de valores. Esto se debe a que la innovación tecnológica permitiría prescindir de los intermediarios que intervienen en estos procesos⁶²³. Asimismo, con las infraestructuras tradicionales la participación de los inversores en los mercados de valores debe canalizarse necesariamente a través de las empresas de servicios de inversión,

⁶¹⁹ No obstante, la Propuesta de Reglamento MiCA ratifica la dualidad de regímenes jurídicos que resultarán aplicables a los criptoactivos, en función del hecho de que constituyan o no valores negociables (*security tokens*). Así, la mencionada propuesta tiene como objeto regular los *non-security tokens*, al tiempo que aclara que los *security tokens* se regirán por la normativa general del mercado de valores.

Cabe destacar que la regulación vigente del mercado de valores para las ICO de *security tokens* puede resultar inadecuada desde la perspectiva de los emisores de criptoactivos o *tokens*, debido a la complejidad de las obligaciones de registro y publicación. Por este motivo, PASTOR SEMPERE destaca la necesidad de adaptar la normativa del mercado de valores a las características de las ICO. Vid. MARTÍNEZ LÓPEZ, M.J., “Reglamento (UE) 2017/1129, sobre folleto de oferta pública y admisión de valores: ¿un ejemplo del carácter “procíclico” de la política legislativa en el mercado financiero?”, p. 27 disponible en <https://maabogados.com/wp-content/uploads/2018/07/articulo-manuel-martinez.pdf> (última consulta el 10.09.2019) y PASTOR SEMPERE, M.C., “Criptomonedas y otras clases de tokens” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 184-185.

Asimismo, la falta de idoneidad del marco jurídico de la OPV para los *security tokens* también se manifiesta en el hecho de que el folleto informativo que regula el TRLMV para eliminar las asimetrías informativas no resulta adecuado para el inversor de criptoactivos. Esto se debe a que el folleto informativo proporciona información de índole económico-financiera, fundamentalmente referida a la solvencia del emisor. Los informes económicos no resultan de mucha utilidad al inversor de *tokens* debido a que los datos financieros no permiten distinguir a los proyectos DLT viables de los que no lo son. OFIR, M., SADEH, I., “ICO vs IPO: Empirical Findings, Information Asymmetry and the Appropriate Regulatory Framework”, *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, Vol. 53, N 2, (2020), pp. 590-594.

⁶²⁰ DEL CASTILLO IONOV, cit., p. 118.

⁶²¹ Committee on Capital Markets Regulation, “Blockchain and securities clearing and settlement”, 2019, p. 9, disponible en https://www.capmktreg.org/wp-content/uploads/2019/04/CCMR_statement_Blockchain_Securities_Settlement-Final.pdf (última consulta el 29.05.2020).

⁶²² Committee on capital markets regulation, cit., p. 9.

⁶²³ Así, en la compensación participa un actor denominado Entidad de Contrapartida Central (ECC, en adelante) cuya función consiste en eliminar el riesgo de contrapartida mediante su interposición entre las partes de la operación financiera. En la liquidación y en el depósito de valores interviene el DCV. Se trata de un tercero encargado de gestionar los registros de titularidades y de inscribir los valores a nombre de sus adquirentes tras certificar la corrección del traspaso de fondos que justifica la operación. DELIVORIAS, A., “Distributed ledger technology and financial markets”, 2016, p. 3, disponible en [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593565/EPRS_BRI\(2016\)593565_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593565/EPRS_BRI(2016)593565_EN.pdf) (última consulta, el 15.09.2019).

circunstancia que da lugar a una situación de doble registro de las titularidades de los activos financieros⁶²⁴.

En general, la introducción de las DLTs aporta ganancias a estas infraestructuras en términos de eficiencia. No obstante, también hay que contemplar la posibilidad de que en determinadas circunstancias el uso de las infraestructuras tradicionales resulte más eficiente o adecuado al evitar ciertos problemas específicos⁶²⁵. En consecuencia, la Autoridad Europea de Valores y Mercados (ESMA por sus siglas en inglés, en adelante) considera que las aplicaciones descentralizadas que implementen las infraestructuras de los mercados deben constituirse sobre redes permitidas⁶²⁶. En este sentido, la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado, referida a criptoactivos que constituyen valores negociables, mantiene como intermediarios necesarios del sistema al organismo rector o empresa de servicios de inversión responsable de un SMN y al DCV que gestione un sistema de liquidación de valores y ordena erigir la infraestructura del mercado en una red DLT permitida⁶²⁷.

Por otro lado, las DLTs pueden utilizarse como complemento de las infraestructuras actuales sin entrar en conflicto con la legislación de las infraestructuras de los mercados vigente⁶²⁸. No obstante, hasta que no se remuevan los obstáculos legales que impiden la *tokenización* de los títulos, como la obligación de representar los derechos en anotaciones en cuenta, la pretensión de establecer sistemas integrales de tenencia y negociación de los valores negociables es, más allá del establecimiento de programas piloto y otros proyectos aislados⁶²⁹.

En cualquier caso, las DLTs han permitido el surgimiento de nuevos actores financieros. Se trata de sujetos que operan nuevos espacios de negociación especializados en la casación de la oferta y demanda de criptoactivos. Son los llamados *exchanges*. Hasta el momento, estas plataformas han operado al margen de la legalidad vigente⁶³⁰. No obstante, la Propuesta de Reglamento MiCA obliga a todas las personas que presten, entre otros, el servicio consistente en la explotación de una plataforma de negociación de criptoactivos a obtener una autorización administrativa que permita llevar a cabo la actividad legalmente, siempre que no admitan a negociación valores negociables; las plataformas que enlisten criptoactivos que constituyen valores negociables, en

⁶²⁴ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Derecho de Blockchain...”, cit., p. 200.

⁶²⁵ La prevención de los riesgos operativos que aqueja a las DLTs, la interoperabilidad de los sistemas centralizados con los descentralizados y el aseguramiento de los derechos de los inversores en estos nuevos entornos tecnológicos. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Derecho de Blockchain...”, cit., p. 200-203.

⁶²⁶ ESMA, “Report. The Distributed Ledger Technology Applied to Securities Markets”, 2017, p. 4, disponible en https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/dlt_report_-_esma50-1121423017-285.pdf (última consulta el 29.05.2020).

⁶²⁷ El carácter permitido del registro DLT se deduce del hecho de que la entidad responsable de la infraestructura del mercado de capitales descentralizada debe, según la Propuesta de Reglamento, controlar su funcionamiento, acceso, la resolución de conflictos, etc.

⁶²⁸ ESMA, “Report. The Distributed Ledger Technology...”, cit., p. 18.

Por ejemplo, ESMA sugiere que las DLTs lleven a cabo los procesos de compensación para el caso de las operaciones de mercado al contado que no requieran la intervención de una ECC. También respecto de las transacciones no exentas, se plantea que las ECC apliquen las DLTs para mejorar sus procesos de compensación. ESMA, “Report. The Distributed Ledger Technology...”, cit., p. 14.

⁶²⁹ BEDNARZ, Z., “La representación de acciones en forma de tokens en Blockchain”, *Revista del Derecho del Mercado de Valores*, N 26, (2020), pp. 7-9 (de la versión disponible en la ley digital).

⁶³⁰ Esta irregularidad ha tenido lugar a pesar de que estas plataformas constituyen auténticos espacios de negociación públicos y de que, por tanto, les resulta aplicable la regulación de MiFID II. El carácter de mercado multilateral resulta determinante para alcanzar esta conclusión. COMANA, M., PREVITALI, D., BELLARDINI, L., *The MiFID II framework. How the New Standards are Reshaping the Investment Industry*, Springer, Steinhausen, 2019, p. 94.

Ahora bien, para que les resultase exigible dicha autorización como centro de negociación regulado se requiere, de acuerdo con el art. 4 TRLMV, que los derechos que se negocien en la plataforma tengan la consideración de valor negociable.

cambio, podrán acogerse, en su caso, a las dispensas que prevé Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado.

En cuanto a la regulación de los *exchanges*, cabe realizar las siguientes consideraciones. En primer lugar, se ha de valorar si la descentralización de los mercados elimina la necesidad de regular sus infraestructuras o, en cambio, existen otras razones que justifican la intervención del legislador sobre las nuevas plataformas. La regulación de los mercados financieros deberá en todo caso asegurar, entre otros objetivos, que las órdenes de compraventa de los inversores puedan ejecutarse correctamente⁶³¹, que los mercados son justos, transparentes y eficientes, así como prevenir los riesgos sistémicos⁶³². En consecuencia, la innovación tecnológica aplicada a los mercados no afecta a los objetivos tradicionales de la regulación financiera⁶³³.

Por otro lado, es frecuente que los *exchanges* ofrezcan otros servicios de criptoactivos, como la custodia de monederos electrónicos. En consecuencia, la regulación debe realizar un tratamiento integral de los nuevos riesgos tecnológicos, operativos, financieros y legales que estas plataformas plantean⁶³⁴.

En definitiva, la regulación de los *exchanges* consistirá en una adaptación de la normativa de las infraestructuras de los mercados de valores, si bien es cierto que la desintermediación cobrará una especial incidencia en los procesos de post-contratación que llevan a cabo las infraestructuras de estos mercados⁶³⁵.

⁶³¹ TAPIA HERMIDA, A.J., “La post-contratación en los mercados secundarios de valores: el sistema de compensación y liquidación de valores”, *Documentos de trabajo del Departamento de Derecho Mercantil*, N 107, (2017), p. 9.

⁶³² IOSCO, “Issues, Risks and Regulatory Considerations Relating to Crypto-Asset Trading Platforms”, 2019, p. 6, disponible en <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD627.pdf> (última consulta el 16.09.2019).

⁶³³ En este sentido, la Propuesta de Reglamento UE sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado asume que los DCV y SMN que gestionan infraestructuras de los mercados basadas en las DLTs deben cumplir con la normativa vigente de las infraestructuras de los mercados financieros. Ahora bien, esta propuesta normativa permite que estos intermediarios soliciten ciertas exenciones respecto de determinados requisitos regulatorios que ya no se encuentran justificados en relación con la tecnología empleada.

No obstante, la regulación tendría que tratar los aspectos en los que los *Exchanges* divergen de los centros de negociación tradicionales. Así, el acceso directo o sin intermediarios del inversor en la plataforma de negociación; el ofrecimiento del servicio de custodia de los criptoactivos, ya sea por parte del propio *exchange* o por un tercero por cuenta de este, y la prestación de servicios *end-to-end*, lo cual significa que los procesos de negociación, compensación y liquidación se llevan a cabo por completo en esta plataforma. IOSCO, cit. pp. 10-16.

⁶³⁴ IOSCO, cit., p. 15.

El art. 67.8 de la Propuesta de Reglamento MiCA establece:

“Los proveedores de servicios de criptoactivos autorizados para prestar el servicio de custodia y administración de criptoactivos por cuenta de terceros serán responsables ante sus clientes de la pérdida de criptoactivos, como consecuencia de un mal funcionamiento o de pirateo informático, por el valor de mercado de los criptoactivos perdidos”.

El reglamento establece esta suerte de responsabilidad objetiva para proteger así los intereses de los inversores.

⁶³⁵ La ejecución de funciones de post-contratación requiere que la regulación de estas nuevas plataformas asuma los objetivos propios del régimen jurídico de los DCV y los ECC. Así, la aplicación de la regulación de los DCV a los *exchanges* implicaría la necesidad de que estas plataformas dispongan de las medidas necesarias para controlar la corrección de la liquidación.

En cuanto al régimen jurídico de las ECC, en principio sus requisitos regulatorios no resultarían aplicables a los *exchanges*, en la medida en que estas plataformas no tienen que interponerse entre las partes porque el valor se transmite de forma descentralizada. Sin embargo, los *exchanges* sí desarrollan otras funciones post-contractuales que llevan a cabo los ECC, tales como: la casación de las órdenes de compraventa, la

En relación con las condiciones requeridas para la admisión de la negociación de los *tokens* en los *exchanges*, se ha de exigir información realmente valiosa para el inversor, al igual que en el caso de la emisión de ICO, y suprimir determinados requisitos de carácter técnico —en especial la exigencia de que los valores se representen en anotaciones en cuenta— y económicos que no resultan adecuados, habida cuenta de las particulares características de los criptoactivos⁶³⁶.

En conclusión, las infraestructuras de los mercados basadas en las DLTs requieren una nueva normativa que garantice la integridad de los nuevos espacios de negociación descentralizados y prevenga los abusos, ya que actualmente abundan las manipulaciones en los *exchanges*⁶³⁷. La modificación legal resulta necesaria, a pesar de que el vigente Derecho del mercado de valores resulte aplicable a los *exchanges* que admitan instrumentos financieros a negociación, porque las infraestructuras de los mercados basadas en las DLTs requieren una regulación adaptada.

C. Más allá de las finanzas: sector público

Existen varias razones que justifican la adopción de las DLTs por parte de las Administraciones Públicas (en lo sucesivo, AAPP). Entre otras, la necesidad de que las AAPP mejoren la eficiencia de sus procesos y la posibilidad de utilizar las DLTs para desarrollar aplicaciones que permitan fomentar la transparencia de los poderes públicos, la colaboración y la participación ciudadana⁶³⁸.

Los potenciales usos de las DLTs en las AAPP son muy numerosos y significativos. Cabe destacar las aplicaciones en materia de gestión de la identidad, el registro de títulos y activos, la sanidad pública, la certificación de documentos, el voto electrónico, la supervisión y regulación de los mercados, la recaudación de impuestos, la contratación pública, las ciudades inteligentes, las ayudas y subvenciones, trazabilidad de productos, entre otros muchos⁶³⁹.

GARCÍA TORTOSA clasifica los usos de las DLTs en la Administración Pública según el criterio de que la aplicación sirva únicamente para mejorar los procesos internos o para modernizar el desarrollo de los procedimientos administrativos y la prestación de los servicios públicos⁶⁴⁰.

llevanza del registro de dichas operaciones y la asignación de las posiciones que se han generado con la operación a las partes. En estos casos, la normativa de los *exchanges* sí deberá reproducir las prescripciones propias de los ECC. A nivel nacional, resulta de interés a estos efectos comprobar el Real Decreto 878/2015, de 2 de octubre, sobre compensación, liquidación y registro de valores negociables representados mediante anotaciones en cuenta, sobre el régimen jurídico de los depositarios centrales de valores y de las entidades de contrapartida central y sobre requisitos de transparencia de los emisores de valores admitidos a negociación en un mercado secundario oficial (BOE núm. 237, de 03.10.2015). TAPIA HERMIDA, “La post-contratación...”, cit., p. 52.

⁶³⁶ El art. 68.1, letra a), de la Propuesta de Reglamento MiCA delega esta cuestión a las normas de funcionamiento que cada plataforma de negociación de criptoactivos establezca. No obstante, la normativa debería establecer principios o requisitos básicos acerca de la admisión de los criptoactivos en las plataformas de negociación.

⁶³⁷ El llamado “ataque de la ballena” (*Whale attack*) constituye un abuso muy frecuente en estas plataformas de negociación de criptoactivos. Esta manipulación del mercado consiste en que el titular de un monedero con una disponibilidad muy elevada de unidades de un determinado *token* provoca una escasez artificial en la oferta de dicho criptoactivo con el objetivo de aumentar su valor en los centros de negociación.

⁶³⁸ CORDERO VALDAVIDA, M., “Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional”, *Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas*, N 16, (2019), pp. 18-19.

⁶³⁹ CORDERO VALDAVIDA, cit., pp. 23-26 y PEREIRO CÁRCELES, M., “Usos de la tecnología Blockchain en la Administración Pública”, en B. PUENTES COCIÑA y A. QUINTIÁ PASTRANA (Coords.), *El Derecho ante la transformación digital, oportunidades, riesgos y garantías*, Atelier, Barcelona, 2019, pp. 147-152.

⁶⁴⁰ En el primer caso, previsiblemente la Administración se limitaría a utilizar redes DLT privadas para gestionar los datos. En el segundo, las AAPP utilizan la DLT para mejorar la transparencia de la actividad del sector público en áreas como la administración electrónica, la contratación del sector público, la reutilización de la información del sector público (*open data*) y como medio para facilitar la participación

Acerca del tipo de registro DLT que las AAPP pueden emplear para modernizar su actividad, de acuerdo con IBÁÑEZ JIMÉNEZ, las AAPP emplearán una red DLT privada para mejorar significativamente su eficiencia⁶⁴¹. No obstante, en otras situaciones puede resultar más adecuada una red DLT pública permitida, especialmente en aquellos casos en los que se pretende que los ciudadanos tengan la posibilidad de controlar la actividad del sector público. Por tanto, cabe concluir que las AAPP podrán, o bien utilizar diversas clases de registros distribuidos para dar soporte a los diferentes usos de la DLT en el sector público, o bien recurrir a un modelo de registro DLT híbrido y único que comprenda distintos niveles de acceso⁶⁴².

En segundo lugar, se ha destacar que la implantación de las DLTs en las AAPP puede suponer un impulso para la actuación administrativa automatizada gracias a la producción de actos administrativos mediante *smart contracts*⁶⁴³. Respecto de la regulación vigente de la actuación administrativa automatizada y, por consiguiente, de los *smart contracts* en el ámbito de la Administración Pública, los arts. 41 y 42 de la Ley de Régimen Jurídico del Sector Público (LRJSP, en adelante)⁶⁴⁴ tienen por objeto establecer las particularidades del uso de esta figura por

ciudadana a través de plataformas o, incluso, de DAO. GARCÍA TORTOSA, F., “Una tecnología para facilitar los procesos de participación, cooperación y transparencia en el sector público”, en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 348-357.

⁶⁴¹ En virtud de esta red DLT privada, que probablemente pueda venir dada por Alastria, las AAPP dispondrán de una infraestructura que prestará soporte a los diversos usos o aplicaciones de las DLTs en el sector público.

IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., “Tecnología Blockchain en las administraciones públicas: aplicación y cuestiones legales”, *Actualidad administrativa*, N 7-8, (2019), pp. 2-5.

⁶⁴² En este sentido, se ha de destacar la oportunidad que representa para el sector público la posibilidad de desarrollar una infraestructura que constituya una suerte de “registro universal interoperable basado en la tecnología DLT” sobre la cual desarrollar las aplicaciones descentralizadas que las AAPP utilizarán para los distintos casos de uso. Esta infraestructura resultaría de suma importancia por la cantidad de funciones y aplicaciones que podría desempeñar: base de datos de uso interno para la Administración; plataforma para la provisión de servicios públicos a la ciudadanía, tales como la gestión de la identidad, el registro de activos y de todo tipo de información concerniente a los ciudadanos; instrumento para la gestión de voto electrónico; mecanismo para la supervisión y regulación de los mercados; medio de prevención del fraude fiscal; etc. LYONS, T., COURCELAS, L., TIMSIT, K., “Blockchain for Government and Public Services”, 2018, pp. 4-6, disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/eu_observatory_blockchain_in_government_services_v1_2018-12-07.pdf (última consulta 25.03.2020).

⁶⁴³ La actuación administrativa automatizada se caracteriza así por prescindir de la intervención del empleado público respecto de la producción del acto administrativo. Esta circunstancia representa un problema para la teoría del acto administrativo, ya que el elemento subjetivo consistente en que el acto se dicta por parte de un órgano administrativo que actúa dentro de su ámbito de competencia constituye una de las principales características de esta categoría. Vid. GARCÍA DE ENTERRÍA y MARTÍNEZ-CARANDE, E., Fernández Rodríguez, T.R., *Curso de Derecho Administrativo I*, Civitas, Madrid, 2011, pp. 575-577.

En este sentido, MARTÍN DELGADO justifica la equivalencia entre acto administrativo y actuación administrativa automatizada al salvar la teoría del órgano mediante la indicación de que el acto que materialmente produce la máquina se atribuye al órgano administrativo que ejerce la potestad y tiene encomendada la competencia, de tal manera que la actuación automatizada resulta imputable en última instancia a la Administración Pública como persona jurídica. Los actos administrativos que producen los medios automatizados se atribuyen al órgano administrativo en virtud de la firma electrónica, ya que esta permite identificar a la Administración y al órgano administrativo a los que se imputa la actuación automatizada. MARTÍN DELGADO, I., “Naturaleza, concepto y régimen jurídico de la actuación administrativa automatizada”, *Revista de Administración Pública*, N 180, (2009), pp. 360-362.

⁶⁴⁴ Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público (BOE núm. 236, de 02.10.2015).

parte de las AAPP⁶⁴⁵. Sin embargo, PONCE SOLÉ señala⁶⁴⁶ que, en la medida en que se produzca un tratamiento de datos personales, también resultará necesario tener en cuenta las previsiones del RGPD y de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales (LOPDGDD, en adelante).

También cabe defender la aplicabilidad de las garantías del RGPD y la LOPDGDD a la actuación administrativa automatizada con independencia de que tenga lugar un tratamiento de datos personales o elaboración de perfiles. En efecto, las garantías que disponen estos artículos son tan relevantes que estas prescripciones deben constituir normas generales de la actuación administrativa automatizada.

Como acto administrativo, la actuación administrativa automatizada deberá dictarse en el marco de un procedimiento administrativo. No obstante, este dato no implica que las AAPP no puedan automatizar actuaciones materiales que no constituyan actos administrativos⁶⁴⁷.

Por otro lado, la doctrina debate acerca de la posibilidad de admitir la actuación administrativa automatizada para la producción de actos administrativos discrecionales⁶⁴⁸. Otra controversia

⁶⁴⁵ El art. 41.2 LRJSP establece los requisitos de validez de la actuación administrativa automatizada, sin perjuicio de que también le resulte de aplicación la regulación general relativa a la validez de los actos administrativos.

⁶⁴⁶ PONCE SOLÉ, J., “Inteligencia artificial, Derecho administrativo y reserva de humanidad: algoritmos y procedimiento administrativo debido tecnológico”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 50, (2019), pp. 6-7.

⁶⁴⁷ En este sentido se pronuncia PONCE SOLÉ, cit., p. 13.

VALERO TORRIJOS señala que las garantías de la actuación administrativa automatizada deberían extenderse a la acción material de las AAPP. VALERO TORRIJOS, J., “Las garantías jurídicas de la inteligencia artificial en la actividad administrativa desde la perspectiva de la buena administración”, *Revista Catalana de Dret Públic*, N 58, (2019), p. 90.

⁶⁴⁸ Según MARTÍN DELGADO, las AAPP podrán utilizar la actuación administrativa automatizada para producir actos administrativos que, a priori, son discrecionales, pero que pueden reconducirse al ámbito de las potestades regladas en la medida en que se incorporen a la programación del sistema automatizado los criterios valorativos que el empleado público debe aplicar en el ejercicio de la potestad discrecional. MARTÍN DELGADO, cit., pp. 370-371.

HUERGO LORA, por otro lado, sostiene la necesidad de diferenciar entre actuación administrativa automatizada de las predicciones algorítmicas basadas en inteligencia artificial, ya que estas no tienen por qué materializarse en actuación administrativa automatizada. Para este autor, es lógico que el legislador prohíba la actuación administrativa automatizada discrecional, pero admite que al margen de esta clase de actuación la Administración Pública pueda apoyarse en conclusiones o predicciones de los sistemas de inteligencia artificial para adoptar actos discrecionales. HUERGO LORA, A., “Administraciones públicas e inteligencia artificial: ¿más o menos discrecionalidad?”, *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, N 96-97, (2021), pp. 92-94.

Por su parte, PONCE SOLÉ defiende una interdicción de la posibilidad de utilizar la actuación administrativa automatizada para ejercer potestades discrecionales, debido a la carencia de empatía de la máquina. PONCE SOLÉ, cit., pp. 14-16.

A pesar de que un sector de la doctrina se opone al uso de la actuación automatizada en ámbitos discrecionales debido a los riesgos que entrañan las “cajas negras”, lo cierto es que es precisamente en este terreno donde los beneficios derivados de la actuación administrativa automatizada son mayores. BOIX PALOP, A., “Los algoritmos son reglamentos: la necesidad de extender las garantías propias de las normas reglamentarias a los programas empleados por la administración para la adopción de decisiones”, *Revista de Derecho Público: Teoría y Método*, Vol. 1, N 1, (2019), p. 232.

No obstante, el hecho de que la inteligencia artificial y el tratamiento automatizado no puedan valorar las nuevas circunstancias sociales, al construir los modelos predictivos exclusivamente con datos pasados, conlleva que la actuación administrativa automatizada resulte inadecuada para llevar a cabo potestades discrecionales. MARKOU, C., DEAKIN, S., “Ex Machina Lex: The Limits of Legal Computability”, 2019, pp. 24-29, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3407856 (última consulta 08.07.2019).

versa sobre la naturaleza jurídica de los algoritmos que gobiernan los *smart contracts* para el Derecho administrativo⁶⁴⁹.

La doctrina aboga por añadir a la regulación de los arts. 41 y 42 de la LRJSP una serie de garantías que protejan a los ciudadanos frente a los riesgos de la actuación administrativa automatizada, la cual blinda a los poderes públicos frente a las reclamaciones de los ciudadanos⁶⁵⁰. Entre las garantías propuestas se ha de destacar la disposición de un procedimiento administrativo destinado expresamente a autorizar la utilización de la actuación administrativa automatizada, basada o no en *smart contracts*, que pueda incidir en los derechos y libertades de los ciudadanos⁶⁵¹. En segundo lugar, las AAPP deberán facilitar al solicitante de información pública o interesado una explicación que permita comprender el funcionamiento del sistema automatizado y los motivos de la decisión⁶⁵². En tercer lugar, el legislador debe aplicar las garantías que establece el art. 22.3 RGPD a la actuación administrativa automatizada⁶⁵³, dado que en su redacción actual esta disposición exime a los Estados de reconocer el derecho de los interesados a reclamar la intervención del responsable, a expresar su punto de vista y a impugnar la decisión cuando el tratamiento automatizado esté autorizado por el Derecho de la UE o el de los Estados miembros⁶⁵⁴.

Por último, se ha de destacar el potencial de los *smart contracts* en los procedimientos administrativos de concurrencia competitiva. Este es el caso de la contratación pública⁶⁵⁵, dado

⁶⁴⁹ Para cierto sector doctrinal los algoritmos constituyen reglamentos cuando se emplean por parte de las AAPP. Esto se debe a que estos conjuntos de instrucciones prescriben las consecuencias jurídicas que el ordenamiento jurídico atribuye a determinadas conductas y permiten anticipar la respuesta de las AAPP frente a las acciones y omisiones de los ciudadanos. BOIX PALOP, cit., pp. 233-234.

Entre los contrarios a la naturaleza reglamentaria de los algoritmos se encuentra ARROYO JIMÉNEZ. Este autor argumenta que los reglamentos, además de condicionar la actuación de la Administración, gozan de una serie de características de las que carecen los algoritmos. Así, los reglamentos se singularizan frente a los algoritmos por disponer de carácter abstracto. En definitiva, los algoritmos no constituyen reglamentos porque tienen un carácter específico frente a la generalidad y abstracción que caracteriza a los reglamentos y porque la publicación de reglamentos debe reunir una serie de formalidades para poder supeditar la validez de normas y actos administrativos. ARROYO JIMÉNEZ, L., “Algoritmos y reglamentos”, 2020, disponible en <https://almacenederecho.org/algoritmos-y-reglamentos/> (última consulta 06.04.2020).

⁶⁵⁰ Esto se debe a que la verificación de la corrección de la actuación administrativa automatizada es muy costosa, hasta el extremo de que en EEUU la judicatura habría avalado la no contestabilidad de la decisión automatizada en aplicación de un análisis coste-beneficio. Asimismo, la plasmación en código del lenguaje humano puede provocar distorsiones del sentido de la proposición original. Vid. CITRON, D.K., “Technological Due Process”, *Washington University Law Review*, Vol. 85, N 6, (2008), pp. 1254-1261.

⁶⁵¹ En dicho procedimiento se requeriría la intervención de profesionales que auditarían el código o algoritmo con el fin de asegurar que el tratamiento automatizado no contradice la norma jurídica que aplica. Asimismo, el expediente deberá incluir una serie de formalidades que tendrían como objeto la singularidad de la materia. Entre dichas diligencias, hay que exigir una evaluación de impacto que aborde los riesgos y otros aspectos éticos y metodológicos que plantee el tratamiento automatizado. VALERO TORRIJOS, cit., pp. 87-90.

⁶⁵² VALERO TORRIJOS, cit., pp. 89-91.

⁶⁵³ Al hilo de la necesidad de generalizar ciertas garantías que reconoce el derecho sectorial en el Derecho administrativo general, con carácter de excursus, cabe realizar un llamamiento en favor de la sistematización del llamado Derecho administrativo europeo. ARROYO JIMÉNEZ ha tratado esta cuestión en ARROYO JIMÉNEZ, L., “El Derecho administrativo europeo como sistema”, *Revista de Derecho Público: Teoría y Método*, Vol. 1, (2020), pp. 176-177.

⁶⁵⁴ Es cierto que la disposición obligaría a los poderes públicos a establecer medidas adecuadas para salvaguardar los derechos, las libertades y los intereses legítimos del interesado. No obstante, el contenido de esta protección de los derechos, las libertades y los intereses legítimos del interesado queda indeterminado en el RGPD.

⁶⁵⁵ El Gobierno de Aragón, entre otras iniciativas, ha licitado un contrato con la finalidad de obtener “un sistema de presentación electrónica de ofertas y de valoración de las mismas que cumpla con los requisitos establecidos en la LCSP, utilizando tecnologías de registro distribuido de la información”. El sistema se

que el desarrollo de las DLTs contribuye a alcanzar la digitalización completa de los procedimientos de contratación⁶⁵⁶ y provee de una serie de herramientas que permiten luchar contra la corrupción y el fraude⁶⁵⁷. La mayor parte de los trámites previstos en la Ley de Contratos del Sector Público⁶⁵⁸ (LCSP, en adelante) podrán desarrollarse con aplicaciones basadas en las DLTs, esto es, actos tan diversos como la acreditación de los requisitos del contratista, la presentación de ofertas, la selección del contratista y la ejecución del contrato podrán automatizarse, con la excepción de los trámites o actos que requieran de la subjetividad humana⁶⁵⁹. No obstante, GARCÍA MELIÁN señala que hay otros trámites en la LCSP en los que no resulta conveniente introducir la acción de los *smart contracts*⁶⁶⁰.

Las DLTs también puede añadir valor en otros procedimientos de concurrencia competitiva. Así, el procedimiento ordinario de concesión de las subvenciones también podría verse beneficiado con la adopción de esta tecnología⁶⁶¹.

utiliza en el marco del procedimiento de contratación que establece el art. 159.9 de la LCSP, el llamado “procedimiento abierto simplificado abreviado”. Asimismo, la Disposición adicional cuarta del Proyecto de Ley de Organización y Uso Estratégico de la Contratación Pública en Aragón (BOA núm. 266, de 03.05.2018) admite la utilización de las DLTs en el ámbito de la contratación pública como registro en el que asegurar la integridad de los datos y documentos que consten en cualquier expediente, procedimiento o registro de contratación pública y como medio de automatización de “trámites o procesos que se realicen en el seno de procedimientos de contratación pública de cualquier clase”. Vid. Dirección general de contratación, patrimonio y organización (Gobierno de Aragón) “Informe de la Oficina de Contratación Pública y del Servicio de Contratación Centralizada sobre la necesidad de la contratación por el procedimiento abierto, tramitación ordinaria, de un servicio de registro distribuido de ofertas y evaluación automatizada de las mismas en procedimientos de contratación pública electrónico”, expediente: (A02003456)-HAP SCC 24/2018.

⁶⁵⁶ Así, las DLTs aportarían beneficios en términos de reducción de burocracia. GALLEGO CÓRCOLES, I., “Contratación pública e innovación tecnológica”, *Revista Española de Derecho Administrativo*, N 184, (2017), p. 1.

⁶⁵⁷ Las autoridades y ciudadanos pueden aprovechar la transparencia, trazabilidad, automatización y desintermediación para monitorizar la corrección del procedimiento de contratación. GARCÍA MELIÁN, J.C., “Blockchain y smart contract para la transparencia y la confidencialidad de los contratos públicos”, *Actualidad administrativa*, N Extra-1, (2019), pp. 6-7 (de la versión publicada en la *Ley Digital*).

⁶⁵⁸ Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 (BOE núm. 272, de 09.11.2017).

⁶⁵⁹ PEREIRO CÁRCELES, “La utilización del blockchain en los procedimientos...”, cit., pp. 8-13.

⁶⁶⁰ Así, según el autor, las DLTs no deben utilizarse para garantizar la inmutabilidad de la confidencialidad de las ofertas presentadas por los licitadores, ya que una confidencialidad inmutable podría vulnerar los principios de transparencia y publicidad de los procedimientos de contratación y el derecho de defensa de los licitadores con interés en recurrir los actos de la licitación. GARCÍA MELIÁN, cit., pp. 8-9.

⁶⁶¹ Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones (BOE núm. 276, de 18.11.2003).

CAPÍTULO IV. EL DINERO Y LA POLÍTICA MONETARIA

1. Identificación de los sistemas monetarios

El análisis de las criptomonedas, tanto desde el punto de vista jurídico como económico, requiere, en primer lugar, delimitar el perímetro conceptual del dinero con el fin de dilucidar qué posición tienen en él las monedas virtuales.

Predomina entre la doctrina económica y las autoridades monetarias un concepto del dinero propio de la teoría realista-funcional⁶⁶². Según esta, el dinero viene dado por todo objeto que cumple simultáneamente tres funciones: unidad de cuenta, medio de pago y reserva de valor⁶⁶³. En consecuencia, todo bien que no cumpla simultáneamente con alguna de estas funciones no podrá considerarse *conceptualmente*⁶⁶⁴ como dinero. En consecuencia, si las criptomonedas no son ampliamente aceptadas como medio de cambio o no constituyen instrumentos idóneos para conservar el valor, no deberían considerarse dinero.

Asimismo, cabe destacar que el origen histórico del dinero también constituye una cuestión muy debatida. Así, se enfrentan la llamada posición “cartalista” frente al “metalismo”. Según la primera, el dinero es un producto del Estado, esto es, constituye la unidad de cuenta que emplea una organización social como consecuencia de la decisión de su órgano de gobierno⁶⁶⁵. En cambio, en la segunda, los metales preciosos adquieren la condición de dinero de manera espontánea en los mercados para superar las dificultades del trueque como medio de intercambio sin necesidad de una autoridad estatal⁶⁶⁶.

En efecto, el origen del dinero puede remontarse al Estado como entidad política que establece el medio de pago de una comunidad y a los metales preciosos como medio de cambio indirecto⁶⁶⁷.

⁶⁶² El material divulgativo del BCE deja entrever esta concepción. Así, el sitio web del BCE dice acerca del dinero:

“El dinero, en cualquiera de sus formas, tiene tres funciones. Es un medio de intercambio, es decir, un medio de pago con un valor en el que todo el mundo confía. Es una unidad de cuenta que permite expresar el precio de los bienes y servicios. Y es un depósito de valor”.

Vid. BCE, ¿Qué es el dinero?, 2015, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_money.es.html (última consulta, el 14.05.2022).

⁶⁶³ DUARTE, cit., p. 346.

⁶⁶⁴ Como luego se explicará, las criptomonedas deben considerarse como dinero, puesto que tienen como finalidad principal servir como medio de cambio. Desde un punto de vista económico, no cabe admitir otra solución. No obstante, desde un punto de vista jurídico la ausencia de un pronunciamiento legislativo apropiado puede conducir a calificaciones erróneas de las criptomonedas por parte de los operadores jurídicos.

⁶⁶⁵ La defensa del cartalismo como teoría sobre el origen del dinero constituye en ocasiones una justificación de determinadas propuestas de política monetaria. Así, se ha utilizado el supuesto origen del dinero con base en el cartalismo para defender los postulados de la *Teoría Monetaria Moderna*. CRUZ HIDALGO E., RANGEL PRECIADO, J.F., PAREJO MORUNO, M., “Reflexiones sobre el dinero moderno: la emergencia del cartalismo”, *Athenea Digital*, Vol. 20, N 2, (2020), pp. 16-19.

⁶⁶⁶ El caso de los cigarrillos como medio de pago en el marco de la economía de un campo de prisioneros de guerra muestra la importancia del dinero para la actividad económica, dado que sin él no es posible el intercambio que maximice el bienestar individual. RADFORD, R.A., “The economic organization of a P.O.W. camp”, *Economica. New Series*, Vol. 12, N 48, (1945), p. 190.

⁶⁶⁷ El cambio indirecto se distingue del directo por utilizar un medio de pago. El medio de pago se adquiere para poder obtener en un intercambio ulterior el bien auténticamente pretendido. El medio de pago constituye así un bien dotado de una alta negociabilidad. MISES, L.V., *La Teoría del dinero y del crédito*, Unión Editorial, Madrid, 1997, pp. 4-6.

El dinero, en consecuencia, puede surgir tanto de forma planificada como espontánea. En ambos casos, sin embargo, el uso de un bien como dinero depende del acuerdo social de la comunidad⁶⁶⁸.

El hecho de que el dinero sea un constructo social determina que no deba entenderse como un bien concreto que disfruta de ciertos atributos, destacadamente el hecho de constituir una unidad de cuenta, medio de cambio y reserva de valor. El dinero es una realidad compleja; constituye todo un sistema⁶⁶⁹ y, además, no existe una frontera nítida entre aquello que es dinero y lo que no lo es⁶⁷⁰. Así, en un sistema monetario encontramos una única unidad de cuenta, pero los soportes monetarios que constituyen los medios de pago pueden disponer de un régimen jurídico y de un significado económico claramente diferenciado⁶⁷¹. Ejemplos de sistemas monetarios son el dólar estadounidense, el euro y el Bitcoin.

En definitiva, el dinero es aquello que la sociedad o un grupo de personas usa como tal. De esta forma, el dinero es ante todo un lenguaje sobre el valor⁶⁷² que permite el intercambio para hacer posible las preferencias subjetivas de los operadores económicos⁶⁷³. Así, P. DUARTE afirma que no existe inconveniente en afirmar que tanto las criptomonedas basadas en protocolos informáticos como el dinero fiduciario respaldado son sistemas monetarios que constituyen en esencia dinero⁶⁷⁴.

⁶⁶⁸ Si el dinero consiste en una mercancía, el acuerdo social debe recaer sobre un bien líquido, esto es, un objeto que pueda venderse por un precio similar al que fue adquirido y en corto plazo de tiempo. Menger, C., “El origen del dinero”, pp. 8-10, disponible en <https://www.eumed.net/cursecon/textos/Menger-origen-dinero.pdf> (última consulta, el 14.05.2022).

No obstante, también pueden utilizarse como dinero objetos carentes de valor intrínseco como conchas y metales no apreciados. El Estado, mediante la exigencia del pago de impuestos en una forma de dinero determinada, condiciona de manera decisiva el uso de un bien como medio de pago de generalizada circulación. En cualquier caso, la razón del uso histórico de los metales preciosos como medio de pago se encuentra en su escasez. Así, era más fácil convencer a otras culturas de utilizar la moneda nacional para el comercio internacional si esta disponía de un valor intrínseco, que en este caso viene dado por la escasez del metal precioso. GLEESON, cit., pp. 72-73.

⁶⁶⁹ De acuerdo con DUARTE, el dinero constituye un sistema. Este sistema está compuesto por una serie de elementos: una unidad monetaria, uno o más soportes monetarios, una o más productores de los soportes y una comunidad monetaria. La unidad monetaria y sus soportes cumplen en este sistema las funciones propias del dinero, esto es, la de servir como unidad de cuenta, medio de pago y reserva de valor. DUARTE, cit., pp. 346-347.

No obstante, hay que tener en cuenta que la unidad monetaria puede dejar de cumplir alguna de estas funciones y no perderá su condición de dinero. Así, en los países con hiperinflación la moneda nacional se emplea como medio de pago, a pesar de no constituir una buena reserva de valor.

⁶⁷⁰ GLEESON, cit., p. 2.

⁶⁷¹ En el caso del dinero fiduciario respaldado por los bancos centrales de los Estados (euros, dólares estadounidenses), las obligaciones dinerarias pueden cumplirse mediante la entrega de efectivo, pero también con la transferencia de dinero escriturario-bancario, esto es, fondos que constituyen obligaciones de los bancos comerciales, y la transmisión de dinero electrónico.

⁶⁷² RUIZ OJEDA, A., “Dinero, criptomonedas y algarrobos. (Paulo Duarte, sobre los sistemas monetarios digitales no-redistributivos)”, p. 3, disponible en <http://www.rdmf.es/wp-content/uploads/2018/10/RUIZ-OJEDA-rese%C3%B1a-art%C3%ADculo-Paulo-Duarte.pdf> (última consulta, el 16.05.2022).

⁶⁷³ Tal y como destaca CONTHE, con el término dinero podemos hacer referencia tanto a su función como unidad de cuenta o estándar de valor como de medio de pago. Más importante aún es el hecho de que la proliferación de medios de pago puede afectar negativamente a la valoración del estándar o unidad de cuenta en relación con los bienes y servicios que pueden adquirirse con este. CONTHE GUTIÉRREZ, M., “El futuro del dinero” en F. FERNÁNDEZ MÉNDEZ DE ANDÉS (Ed.), *El euro en 2020. Un Anuario sobre la Unión Monetaria Europea*, Fundación de Estudios Financieros y Fundación ICO, Madrid, 2020, pp. 230-231.

⁶⁷⁴ DUARTE, P., “Obrigações de dinheiro (obrigações monetárias) e obrigações de bitcoins” *Estudos de Direito do Consumidor* [Centro de Direito do Consumo de la Faculdade de Direito de la Universidade de Coimbra], N 14, (2018) pp. 377-378.

2. Estado y dinero

La tesis cartalista defiende que el dinero es una deuda del Estado. Desde este punto de vista, el Estado constituye un actor fundamental para la existencia del dinero. Ciertamente, el Estado juega un papel muy relevante en la determinación del sistema monetario predominante. De hecho, el apoyo estatal al dinero fiduciario puede justificar la no adopción mayoritaria de un sistema monetario mejor⁶⁷⁵. La exigencia del pago de impuestos en una determinada divisa y el reconocimiento del curso legal resultan determinantes en este sentido.

No obstante, el hecho de admitir que un Estado soberano pueda emitir dinero⁶⁷⁶, obligar a su uso para el pago de impuestos y establecer un valor nominal de circulación diferente al de su valor intrínseco no impide que en el territorio de la nación puedan circular otras clases de medios de pago⁶⁷⁷ y que el Estado se vea obligado a realizar ciertas concesiones, como la de dotar de valor intrínseco a los soportes monetarios para facilitar su uso en el comercio internacional⁶⁷⁸. Incluso, no cabe descartar la posibilidad de que los medios de pago pertenezcan al sistema monetario de un tercer país⁶⁷⁹.

Asimismo, aunque habitualmente el dinero de un Estado se encuentra estrechamente vinculado con su estructura fiscal, el caso del euro muestra cómo la moneda de curso legal de una determinada área monetaria puede carecer de un presupuesto público común de respaldo⁶⁸⁰. No

⁶⁷⁵ Las externalidades de red, esto es, el uso mayoritario del dinero fiduciario respaldado por el Estado, y los costes de cambio que genera el apoyo estatal justifican esta situación. Estos dos factores junto a la inercia del uso de la divisa estatal determinan que existan problemas de coordinación que inhiben a los actores económicos de adoptar el dinero alternativo, a pesar de preferirlo al incumbente. Por tanto, la transición hacia un sistema monetario de origen no estatal por parte de la generalidad de los miembros de una economía únicamente tendrá lugar en escenarios de apoyo estatal hacia la divisa externa o en supuestos de hiperinflación del dinero nacional. LUTHER, W.J., “Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Costs” *Contemporary Economic Policy*, Vol. 34, N 3, (2016), pp. 558-570.

Sin embargo, esta no es la única explicación del limitado éxito de Bitcoin como medio de pago. Posteriormente se retomará esta cuestión.

⁶⁷⁶ Los medios de pago que emite el Estado pueden hacer referencia a una unidad de cuenta ya existente o a un estándar de valor de nueva creación. En el primer caso, el soberano introduce una *moneda* o medio de pago que se vincula a un estándar de valor ya en uso por la sociedad. Este es el caso de la acuñación del penique por parte del Rey Offa en la Inglaterra del siglo VIII. GLEESON, cit., p. 32.

En el caso del euro y de su predecesora, la *European Currency Unit* o ECU, una institución supraestatal crea una unidad de cuenta que no tenía precedente en la práctica social.

⁶⁷⁷ La práctica social tiende a aceptar el valor nominal de los medios de pago sin comprobar el valor intrínseco. Esto también sucedió en el caso de los billetes emitidos por los bancos comerciales en los años de la banca libre, dado que la población no investiga la solvencia de los bancos emisores de los billetes.

Por otro lado, el Estado puede verse obligado a acuñar varias clases de dinero para permitir la realización de transacciones de un bajo y alto valor: oro para compraventas de un importe superior y un metal menospreciado para transacciones de menor denominación. GLEESON, cit., pp. 37-45.

⁶⁷⁸ GLEESON, cit., pp. 40-41.

⁶⁷⁹ En los países con hiperinflación se produce la sustitución de la moneda nacional por una divisa externa. El fenómeno se conoce como “dolarización” porque es el dólar estadounidense la divisa que usualmente suele desplazar al dinero sustituido. Cuando el gobierno del país afectado no ha asumido la dolarización se habla de dolarización informal. Sin embargo, puede ocurrir que la dolarización se adopte formalmente como solución a los problemas que ocasiona el dinero de una economía. MISHKIN, cit., pp. 525-526.

Normalmente, la sustitución vendrá dada por una divisa confiable de un tercer Estado. Sin embargo, cabe plantear que los nuevos medios de pago procedan de sistemas monetarios no controlados por los Estados, esto es, la dolarización puede venir dada por criptomonedas u otros esquemas privados de moneda virtual. En este caso, cierto sector de la doctrina habla de “dolarización digital”. BRUNNERMEIER, JAMES, LANDAU, cit., pp. 21-22.

⁶⁸⁰ La moneda única de la UE conlleva una unión monetaria entre los países de la eurozona, aquellos que han adoptado el euro. El hecho de que cada miembro de la eurozona mantenga su propia política fiscal ha llevado a la doctrina a calificar al euro como una “unión monetaria incompleta”. Esta incompletitud supone

obstante, la crisis de deuda soberana que experimentó la Eurozona ha diluido esta singularidad original del euro porque se han centralizado múltiples competencias de política económica en las instituciones de la UE⁶⁸¹, si bien es cierto que pervive la peculiaridad de que el euro es una moneda supranacional.

Por otro lado, el gobierno de una nación puede decretar de curso legal en su territorio una moneda de un tercer Estado e, incluso, una criptomoneda privada que no se ha emitido por parte de ninguna autoridad. Así, algunos Estados, hasta el momento países en vías de desarrollo, han decidido declarar a una divisa externa como moneda de curso legal y medio de pago de impuestos⁶⁸². Sobre la noción de curso legal se ha de indicar que, tal y como prescribe la salvadoreña “Ley Bitcoin”⁶⁸³, esta implica que un acreedor que rechace el pago de una deuda en Bitcoin no podrá solicitar el cumplimiento de la obligación por ningún otro medio⁶⁸⁴.

3. Dinero y crédito

A. Perspectiva general de las relaciones del dinero y del crédito

De acuerdo con la teoría de L.VON MISES, un objeto se convierte en dinero cuando los operadores

una vulnerabilidad para la moneda única. Hay que tener en cuenta que en la unión monetaria del euro los Estados miembros de la eurozona emiten individualmente deuda denominada en euros que pueden llegar a dejar de pagar en caso de que se reduzcan drásticamente sus ingresos fiscales. La debilidad de esta área monetaria incompleta se manifiesta en que durante una crisis de deuda soberana la ausencia de respaldo del BCE en forma de provisión de liquidez puede inducir a los inversores a vender los bonos del Estado, de tal manera que el consiguiente déficit que provoca el aumento del coste de la financiación redundará en que el Estado en dificultades tiene incentivos para no pagar la deuda. En consecuencia, el encauzamiento de las expectativas de los inversores requiere que el BCE actúe como “prestamista de última instancia” respecto de la deuda pública de los Estados de la eurozona y la consolidación de las obligaciones nacionales en deuda de la que responden todos los países miembros de la eurozona. DE GRAUWE, P., *Economics of Monetary Unions*, Oxford University Press, Oxford, 2020, pp. 103 y 111-115.

Otro caso de área monetaria incompleta viene dado por los sistemas monetarios coordinados con un tipo de cambio fijo. La vulnerabilidad en este caso surge con motivo de la incompatibilidad entre los objetivos nacionales de las autoridades, como la consecución del pleno empleo, y el mantenimiento de la paridad del tipo de cambio, que debería reflejar las condiciones económicas de los países concernidos. DE GRAUWE, cit., pp. 104-111.

⁶⁸¹ CASTAÑEDA FERNÁNDEZ afirma que la respuesta a la crisis de deuda soberana de la eurozona ha revelado la voluntad política de crear un Estado federal con una moneda propia que se apoyará en un creciente tesoro de la UE que trabajará juntamente con el BCE. De esta manera, el euro se asemejará cada vez más a cualquier otra divisa nacional. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., “Euro 2.0’: a preliminary assessment of the European Banking Union and a market-oriented monetary alternative”, *European View*, Vol. 16, N 1, (2017), p. 41.

⁶⁸² El Salvador se convirtió en el primer país en adoptar Bitcoin como moneda de curso legal. Recientemente, la República Centroafricana ha seguido los pasos del país americano. Pese al interés que despierta la declaración de Bitcoin como moneda de curso legal, hay que entender que la principal finalidad de esta y otras medidas consiste en promocionar el empleo de esta criptomoneda entre la población salvadoreña, dado su escaso uso en este país. Así, el dólar estadounidense es todavía moneda de curso legal y la divisa más extendida en la nación. GORJÓN RIVAS, S., “El papel de los criptoactivos como moneda de curso legal: el ejemplo de el salvador”, *Boletín Económico. Artículos Analíticos*, N 4, (2021), p. 4. En este sentido, cabe destacar que una opción de mercado no ha doblegado la voluntad del Estado; el propio gobierno fomenta el uso de la criptomoneda privada.

⁶⁸³ Decreto nº 57 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador del 9 de junio de 2021.

⁶⁸⁴ GLEESON, cit., p. 137.

El art. 7 de la ley Bitcoin dispone:

“Todo agente económico deberá aceptar bitcoin como forma de pago cuando así le sea ofrecido por quien adquiere un bien o servicio”.

económicos lo utilizan como medio de intercambio debido a su alta negociabilidad⁶⁸⁵, esto es, el uso frecuente como medio de cambio determina que el bien se convierte en dinero. No obstante, cabe distinguir entre diversas clases de dinero. Así, según MISES, cabe hablar de dinero-mercancía para el caso de una mercancía que se utiliza como dinero, de dinero-signo como aquel objeto sancionado o acuñado como dinero por el Estado y de dinero-crédito como un título o derecho contra una persona que también puede utilizarse como medio de cambio⁶⁸⁶.

En este sentido, se ha de señalar que, según la tesis cartalista, el dinero constituye una deuda del Estado. No obstante, el Estado no es el único emisor de dinero-crédito mediante la técnica de la acuñación de monedas; las entidades de crédito constituyen los principales emisores de esta clase de dinero. En su origen, el dinero bancario venía dado por los certificados o títulos de deuda que un depositario proporciona a un depositante por los bienes entregados. Este certificado de deuda puede utilizarse como medio de cambio para realizar transacciones por parte del depositante. El valor de lo entregado al depositario se preserva así en forma de crédito⁶⁸⁷.

Al mismo tiempo, hay que considerar como dinero, dada la homogeneidad de sus características y fungibilidad, a los certificados de depósito que el depositario, para evitar imponer altos descuentos como remuneración del servicio de conservación prestado a los depositantes, presta a solicitantes de fondos o mutuarios. De esta manera, el bien fungible entregado se transforma en un doble valor crediticio: el que el depositante tiene contra el depositario y el que el depositario y mutuante posee frente al mutuario. Puede ocurrir, además, que el depositante decida conceder más certificados en mutuos que bienes existen en depósitos con la intención de obtener intereses por los préstamos concedidos. Ahora bien, la entidad de crédito o depositario deberá gestionar el riesgo de que los depositantes acudan al establecimiento a redimir sus títulos, esto es, a obtener el bien subyacente que representan los certificados⁶⁸⁸.

Conviene aclarar que actualmente la operativa bancaria no consiste en una verdadera intermediación financiera. La entidad de crédito nunca entrega a los prestatarios fondos de terceros depositantes. Así, no resulta necesario que un depósito preceda al mutuo. Los bancos

⁶⁸⁵ MISES sigue claramente a Menger, ya que coinciden en la importancia de la liquidez de un bien para su adopción como medio de cambio o dinero por parte de una comunidad económica.

Mises entiende que el uso de un objeto como medio de cambio determina su condición de dinero. El resto de las funciones del dinero son una consecuencia directa de la anterior. Mises, cit., pp. 6-10.

⁶⁸⁶ Mises, cit., p. 34.

Señala también Mises que este dinero puede entrañar un riesgo para su adquirente, de ahí que el valor nominal del título o instrumento y el asignado por el mercado no coincidan. En este sentido, se ha de recordar que el efecto liberatorio de determinados medios de pago únicamente se producirá con el cumplimiento de la deuda, y no con la entrega del instrumento. Vid. párrafo segundo del art. 1170 Cc:

“La entrega de pagarés a la orden, o letras de cambio u otros documentos mercantiles, sólo producirá los efectos del pago cuando hubiesen sido realizados, o cuando por culpa del acreedor se hubiesen perjudicado”.

⁶⁸⁷ En Derecho romano el crédito es una dación (*datio*) mediante la cual el transmitente espera del recipiente la restitución de lo entregado. Esta dación entraña una obligación o deuda que el dador puede reclamar. El crédito como origen de una deuda es distinto del contrato, que al contrario que el crédito implica necesariamente una relación sinalagmática o asunción de obligaciones recíprocas por parte de los contratantes. D'ORS Y PÉREZ-PEIX, A., “Credittum y Contractus”, *Anuario de Historia del Derecho Español*, N 26, (1956), pp. 198-203.

⁶⁸⁸ Concretamente, se trata del riesgo de liquidez.

El bien subyacente puede entenderse como una mercancía con capacidad para satisfacer necesidades humanas, como el trigo. Pero cualquier clase de recurso que aporte confianza al público sobre la fiabilidad de estos certificados como medio de cambio puede utilizarse como patrón o bien subyacente. Este podría ser el caso del oro cuando el sistema monetario se basaba en el patrón oro. Actualmente, en el sistema monetario fiduciario las entidades de crédito simplemente deben reintegrar dinero fiduciario del banco central a los depositantes, esto es, efectivo. Por otro lado, el dinero del banco central constituye reservas para la operativa de las entidades de crédito que estas deben gestionar.

crean directamente depósitos bancarios, esto es, dinero, con la concesión de crédito⁶⁸⁹, si bien es cierto que necesitan disponer de reservas para cubrir el riesgo de liquidez.

Los desaciertos de las entidades de crédito, impulsadas por las autoridades monetarias en muchas ocasiones, en la gestión de esta relación entre el valor efectivamente depositado y su representación crediticia da lugar a los llamados ciclos económicos por la estrecha relación del dinero con la actividad económica de la jurisdicción monetaria considerada⁶⁹⁰. Desde este punto de vista, dado que la mayor parte del dinero en circulación hoy en día es dinero bancario o emitido por entidades de crédito, cabe decir que el dinero constituye una representación crediticia del valor⁶⁹¹.

Para MISES, estos títulos o certificados de depósito constituyen “sustitutos del dinero”, ya que el verdadero dinero no es otro que el bien subyacente o patrón⁶⁹². En realidad, los conceptos de base monetaria y los diferentes agregados monetarios describen mucho mejor la composición de la oferta monetaria o cantidad de dinero en circulación actualmente. La base monetaria o *dinero de alta potencia* se corresponde con las unidades monetarias que emite el banco central. Concretamente, la Reserva Federal estadounidense define la base monetaria como el efectivo en circulación y las reservas de los bancos comerciales en cuentas de la Reserva Federal⁶⁹³. Las circunstancias de que el banco central tenga el monopolio de la emisión y de que las entidades de crédito necesiten acceder a estas unidades monetarias para disponer de reservas con las que poder afrontar sus obligaciones con terceros determinan que el banco central pueda desarrollar una política monetaria que influye en la economía en virtud de la gestión de la base monetaria⁶⁹⁴.

No obstante, la base monetaria no recoge todos los instrumentos monetarios y financieros que se utilizan como dinero en la economía. Recuérdese que los certificados de depósito, o simplemente depósitos actualmente, también constituyen dinero. En consecuencia, se requiere una definición

⁶⁸⁹ P. DUARTE observa que las entidades de crédito no trabajan con el dinero de los depositantes, sino con las unidades que crean mediante la concesión de crédito. DUARTE, P., “Um depósito bancário não é um (contrato de) depósito: ou a desadequação da linguagem dos contratos reais à realidade do dinheiro bancário no actual sistema monetário”, *Estudos de Direito do Consumidor* [Centro de Direito do Consumo de la Faculdade de Direito de la Universidade de Coimbra], N 10, (2016), pp. 423-426.

RUIZ OJEDA indica que esto significa que las deudas se pagan con deudas. RUIZ OJEDA, A., “Deuda paga deuda (Nuestro actual sistema monetario explicado por Paulo Duarte)”, 2017, disponible en http://www.rdmf.es/wp-content/uploads/2017/01/ruiz-ojeda-a_-deuda-paga-deuda_recension.pdf (última consulta, el 08.09.2022).

⁶⁹⁰ Los gobiernos facilitan la expansión monetaria para mejorar el crecimiento económico. Mientras no se supera la diferencia entre el crecimiento real y el potencial o máximo que puede producir la economía, la inflación se mantiene en niveles tolerables. No obstante, el crecimiento económico creado con el incremento del dinero da lugar a una producción real por encima de la potencial de la economía en la llamada fase de expansión. En esas circunstancias, aparece la inflación de los bienes y servicios debido a la presión de la demanda y al optimismo económico. Esta inflación no tiene que manifestarse necesariamente en un incremento del Índice de Precios al Consumo (IPC, en adelante), ya que puede concentrarse en determinados activos de la economía, como las acciones o el mercado inmobiliario. Por último, el aumento de la inflación obliga a tomar medidas económicas que perjudican el crecimiento económico y lo sitúan por debajo de su potencial. La última fase del bucle viene dada por la depresión, que dará lugar a un nuevo ciclo económico cuando la inflación vuelva a los niveles tolerables. CONGDON, T., “Slowdown in US monetary Growth”, *Lombard Street Research Monthly Economic Review*, N 174, (2003), pp. 3-5.

⁶⁹¹ Toda esta explicación se ha basado en el ensayo de A. RUIZ OJEDA en el que aborda, entre otras cuestiones, el cruce de depósitos y mutuos como base de la representación monetaria del valor. RUIZ OJEDA, A., “Insolventes e ilíquidos, redimidos y condenados. (Kénosis de las entidades de crédito españolas en tránsito hacia la digitalización)” en G.F. FERRARI (Ed.), *Banca, finanza, moneta. Il governo dell'economia nel prisma della comparazione*, G. Guiappichelli Editore, Torino, 2021, pp. 69-72.

⁶⁹² MISES, cit., p. 25.

⁶⁹³ Board of Governors of the Federal Reserve System, “What is the money supply? Is it important?” disponible en https://www.federalreserve.gov/faqs/money_12845.htm (última consulta, el 20.06.2022).

⁶⁹⁴ RUIZ OJEDA, “Monetización del déficit...” cit., p. 371.

más amplia del dinero, que pueda comprender tanto el dinero del banco central en sentido estricto como las obligaciones de las entidades de crédito y otras instituciones que se utilizan como dinero. El concepto de agregado monetario captura tanto al dinero de alta potencia como a las unidades monetarias que emite el sector privado y que se encuentran denominadas en dinero del banco central. A su vez, resulta necesario identificar las distintas clases de agregados monetarios, ya que entre los instrumentos que pueden utilizarse como dinero existen varios grados de liquidez⁶⁹⁵. Por tanto, el dinero bancario se debe analizar como parte de un agregado monetario, no como un sustituto del dinero.

Por otro lado, resulta necesario distinguir al crédito del dinero. Una economía puede funcionar sin dinero gracias al crédito. Las transacciones pueden realizarse sobre la base del reconocimiento y cumplimiento o pago de obligaciones no monetarias. En la práctica, dado el número de transacciones en una economía, se requeriría que una entidad actúe como cámara de compensación. Esto significa que un tercero debe llevar el registro de las obligaciones pendientes y efectuar su compensación y liquidación periódica. No obstante, esta clase de sistemas excluyen la posibilidad de llevar a cabo transacciones comerciales con aquellos que no pertenezcan a las “cámaras” o registros. Asimismo, los sistemas sin dinero obligan a los actores económicos, en los casos en los que un tercero no se interpone entre ambas partes, a asumir la posibilidad de que la contraparte incumpla su obligación y a permanecer vinculado a esta hasta la completa extinción de la relación crediticia. El dinero, como medio de extinción de deudas monetarias a través de su disposición, permite realizar transacciones comerciales fuera de una relación crediticia (pago al contado), gestionar el riesgo de crédito del acreedor mediante su transferencia a un tercero (al prestamista que financia las transacciones del deudor) y permitir al deudor desvincularse de la relación crediticia con el acreedor⁶⁹⁶. A la inversa, la monetización de las deudas implica que una obligación se convierte en moneda o dinero⁶⁹⁷.

B. El dinero del banco central ¿Una deuda del Estado?

Hoy en día cabría afirmar que el dinero es deuda⁶⁹⁸. Podría justificarse la validez de la afirmación en el hecho de que la mayor parte del dinero en circulación tiene un origen bancario-escriturario y en la circunstancia de que el *dinero base* que emiten las instituciones públicas también constituyen una deuda, en este caso del Estado.

No obstante, la segunda afirmación requiere, al menos, una importante matización. Esto se debe a que la idea del dinero del banco central como una deuda del Estado procede de la época en la que el sistema monetario se basaba en el patrón oro. Bajo este sistema, los bancos centrales, como

⁶⁹⁵ En el sistema de la Reserva Federal estadounidense se distinguen como agregados monetarios M1 y M2. M1 viene dado por la base monetaria y los depósitos a la vista. M2 comprende, además, depósitos a plazo que no superen la cantidad de 100.000 dólares estadounidenses y participaciones en fondos del mercado monetario. Board of Governors of the Federal Reserve System, “What is...” cit.

La cuantificación de los agregados monetarios de la eurozona difiere. Así, M1, o agregado monetario estrecho, comprende la base monetaria y los depósitos a la vista; M2 acapara M1 más depósitos a plazo con un vencimiento de hasta dos años y depósitos convertibles con un previo aviso de hasta tres meses; M3 incluye M2 más determinados instrumentos financieros que gozan de una liquidez suficiente como para asimilarse a los depósitos de las entidades de crédito. BCE, “Manual on MFI balance sheet statistics”, 2019, pp. 164-165, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.manualmfbalancesheetstatistics201901~d2ebf72987.en.pdf?7387f911ffbc48fa536a5e61bbd2ce49> (última consulta, el 20.06.2022).

⁶⁹⁶ GLEESON, cit., pp. 53-63.

⁶⁹⁷ RUIZ OJEDA, “Monetización del déficit...” cit., p. 372.

⁶⁹⁸ Se reconoce así la prevalencia del dinero-crédito.

emisores del efectivo, debían abonar en oro la cantidad del metal precioso que indicase el billete a su presentación por parte del tenedor⁶⁹⁹.

Se ha de observar que en el sistema del patrón oro los bancos centrales, como entidades con privilegios del gobierno⁷⁰⁰, solían asumir el monopolio de la emisión de los billetes y monedas, pero también existieron casos en los que las entidades de crédito podían libremente emitir sus propios billetes en un régimen de libre competencia⁷⁰¹. En cualquier caso, durante la vigencia del

⁶⁹⁹ En este apartado me voy a referir al dinero del banco central principalmente como a los billetes que imprime el banco central más las monedas que acuña la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre. No obstante, es necesario apuntar que existe otro tipo de dinero del banco central: los depósitos que los bancos comerciales tienen abiertos en el banco central. A través de esta segunda clase de dinero se liquidan los saldos que los bancos comerciales tienen entre sí como consecuencia de los pagos que acaecen en la economía. En este sentido, la doctrina indica que el efectivo constituye el medio de pago *final* para los agentes económicos que no constituyen entidades de crédito, mientras que los depósitos de los bancos comerciales en el banco central constituyen el medio de pago *final* de las obligaciones que los bancos comerciales tienen entre sí. KUMHOF, M., ALLEN, J., BATEMAN, W., LASTRA, R.M., GLEESON, S., OMAROVA, S., “Central Bank Money: Liability, Asset, or Equity of the Nation?”, *Cornell Law School Research Paper*, N 20-46, (2020), p. 6.

Es importante señalar que esta segunda clase de dinero del banco central no está disponible para los agentes económicos que no tienen una cuenta en el banco central. Por lo tanto, actualmente el dinero del banco central no resulta accesible para el público general en formato digital. Esta situación, no obstante, podría cambiar si los bancos centrales decidieran emitir dinero en formato digital, esto es, el conocido como CBDC por sus siglas en inglés (*Central Bank Digital Currency*). Posteriormente, se retomará la cuestión del análisis del CBDC.

⁷⁰⁰ Uno de los primeros bancos centrales de la historia fue el Bank of England, o Banco de Inglaterra. Su creación no se debió al convencimiento de la necesidad de que una institución pública gestionara la oferta monetaria, sino al otorgamiento de una serie de privilegios en recompensa por financiar la guerra contra Francia. Uno de estos privilegios consistió en el monopolio, aún limitado a la ciudad de Londres durante ciertos años, de la emisión de billetes. Posteriormente, el desarrollo de los acontecimientos provocaría que el Banco de Inglaterra asumiera sus funciones actuales de banco central. Mientras que en Inglaterra la competencia entre los bancos estaba limitada, en Escocia la ausencia de regulación permitió que las entidades de crédito compitieran en la emisión de billetes sin que se produjeran crisis financieras relevantes. De hecho, la historia estaría plagada de períodos en los que entidades de crédito privadas tuvieron la posibilidad de competir entre sí y con la banca del gobierno.

Una situación particular se vivió en EEUU, dado que la competencia privada en la emisión de billetes estuvo sometida a una intensa regulación. El establecimiento del Sistema de Reserva Federal (Federal Reserve System, FED en adelante) sí constituyó una repuesta directa a los problemas que generó la particular época de banca libre en EEUU. No obstante, desde la perspectiva de SELGIN, las disfunciones que acabaron con la banca libre en EEUU no se debieron a fallos de mercado, sino a la intervención del gobierno. SELGIN, G., *The Theory of Free Banking*, Rowman & Littlefield Publishers, Inc y Cato Institute, Lanham, 1988, pp. 5-16.

⁷⁰¹ Se trata de la llamada “Banca Libre” o *Free banking*. Una de las principales peculiaridades de la banca libre consiste en que las entidades de crédito aceptan los billetes y cheques de otros bancos sin imponer descuentos, esto es, los aceptan por su valor nominal o *a la par*. En este sentido, la aceptación de las obligaciones de terceros bancos permite que los agentes económicos realicen transacciones con independencia del hecho de que ambas partes dispongan de cuentas en una entidad de crédito común.

La circunstancia de que una entidad de crédito acepte los billetes de otra le otorga un derecho frente a esta. De esta manera, la entidad de crédito que acepta billetes ajenos obtiene reservas o activos contra la entidad emisora. La liquidación de las obligaciones pendientes tendrá lugar después de que se produzca su compensación. En este contexto, cabe la posibilidad de que una entidad decida acumular los billetes de otra para, en el momento oportuno, solicitar una redención que genere la insolvencia del competidor por falta de liquidez.

La liquidación de las obligaciones entre entidades de crédito en este sistema tiene lugar en cámaras de compensación privadas que actúan como los bancos centrales de hoy en día. Estas cámaras de compensación determinan los saldos que las entidades de crédito tienen entre sí.

Por último, se ha de destacar que en una economía que opera en un sistema de banca libre la mayor parte del dinero es bancario. De esta manera, el patrón monetario en el que están denominadas las reservas de los

patrón oro, los emisores de efectivo siempre quedaban obligados a redimir los títulos a su presentación.

Hoy en día, las entidades de crédito continúan obligadas a reintegrar los depósitos de los clientes en efectivo o dinero del banco central. Ahora bien, los bancos únicamente tienen la obligación de disponer de una fracción de reservas, esto es, del activo que deben reintegrar cuando los clientes acuden a redimir sus títulos, en relación con la cantidad de depósitos recibidos⁷⁰². Se trata de la llamada reserva fraccionaria⁷⁰³, la cual es una consecuencia directa del hecho de que la entidad pueda conceder crédito que previamente no se encuentre plenamente respaldado por activos de reserva⁷⁰⁴. Las entidades de crédito deben gestionar la disponibilidad de reservas para poder satisfacer las demandas de los depositantes. Si existe un déficit de reservas, la entidad de crédito deberá solicitar préstamos en el mercado interbancario y, como último recurso, deberá acudir al banco central y apelar a su función de prestamista de última instancia⁷⁰⁵.

bancos principalmente sirve para pagar los saldos deficitarios que los bancos tienen con terceras entidades de crédito como resultado de la liquidación de las obligaciones en la cámara de compensación. SELGIN, “The Theory of Free...”, cit., pp. 16-34.

⁷⁰² Si el llamado coeficiente de caja o de reservas es de un 10%, entonces la entidad de crédito debe disponer de 10 unidades del activo de reserva por cada 100 unidades monetarias reconocidas como depósitos de los clientes.

⁷⁰³ El “sistema de reserva fraccionaria” se consolidó tras la publicación en el Reino Unido de la Ley de Peel de 19 de julio de 1844 o The Bank Charter Act 1844 (7 & 8 Vict. c. 32). Mediante esta norma se prohibió la emisión de billetes sin respaldo en reservas. No obstante, la norma no impidió el reconocimiento de depósitos que no se encontrasen plenamente respaldados por reservas. De esta manera, la reserva fraccionaria de los depósitos bancarios se ha consolidado hasta nuestros días. HUERTA DE SOTO, “Dinero, crédito bancario...” cit., p. 203.

⁷⁰⁴ La cantidad de dinero en la economía viene principalmente determinada por los depósitos bancarios. En su mayoría, los depósitos bancarios no proceden del ahorro de los clientes, sino de la concesión de crédito por parte de los bancos. Así, cuando una entidad de crédito concede un préstamo, crea tanto un activo del que pretende obtener un rendimiento —el préstamo con intereses— como un depósito del cliente por la cuantía del principal otorgado. Este proceso conlleva la creación por parte de las entidades de crédito de dinero que será destruido cuando los clientes utilicen sus depósitos para pagar los préstamos que le ha otorgado el banco.

En puridad, la creación de dinero no está obligatoriamente limitada por la cantidad de reservas disponibles. No obstante, en la práctica, la transferencia de los depósitos de los clientes a usuarios de terceras entidades bancarias implica que el banco que concede préstamos cuyos clientes gastan se enfrentará a un saldo negativo tras la liquidación interbancaria que lleve a cabo el sistema de compensación (En España, el Sistema Nacional de Compensación Electrónica —SNCE— es el sistema para pagos minoristas que reflejará las posiciones de las entidades de crédito en los saldos de TARGET2-Banco de España). Ese saldo negativo le obligará a transferir reservas a las entidades acreedoras. La escasez de reservas provocada de esta manera puede conllevar un fuerte riesgo de liquidez. Por este motivo, la disponibilidad de reservas sí supone una restricción práctica a la creación de dinero mediante la concesión de créditos. Vid. MCLEAY, M. RADIA, A., THOMAS, R., “Money creation in the modern economy”, *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q1, (2014), pp. 15-18.

La dependencia de las entidades del crédito del suministro de reservas explica en gran medida que los principales instrumentos convencionales de política monetaria que el banco central utiliza para influir en la cantidad de dinero de la economía se basen en la regulación del precio de estas reservas. KUMHOF, ALLEN, BATEMAN, LASTRA, GLEESON, OMAROVA, cit., p. 6.

⁷⁰⁵ La “Asistencia de liquidez de emergencia”, en el caso del BCE, únicamente tiene lugar cuando entidades solventes, esto es, con capacidad patrimonial para afrontar posibles deterioros de los activos o préstamos concedidos, con problemas temporales de liquidez no tienen la posibilidad de obtener reservas en el mercado interbancario debido a un contexto económico adverso, caso de las crisis financieras. El acceso a la liquidez del banco central está, por tanto, condicionado y se encuentra penalizado, ya que el banco central exigirá un tipo de interés más alto que el de mercado por la operación.

Estas restricciones se deben al propósito de evitar el riesgo moral, esto es, el hecho de que los gestores de las entidades de crédito adopten una política crediticia demasiado arriesgada con motivo del incentivo que supone que el banco central resuelva los problemas de liquidez que pueda generar la carencia de reservas suficientes.

Los Estados también sufrían dificultades para redimir sus títulos, debido a que sus activos de reserva podían ser inferiores a la cantidad de dinero emitido. En este sentido, tras la monopolización de la emisión del efectivo y bajo el sistema monetario del patrón oro, los Estados se han visto obligados en diversas ocasiones a suspender temporalmente la convertibilidad del papel-moneda en oro⁷⁰⁶. Finalmente, el abandono del sistema de Bretton Woods supuso con carácter definitivo la imposibilidad de canjear el dinero del banco central por el activo de respaldo⁷⁰⁷. Tras este acontecimiento, el dinero del banco central es completamente fiduciario; su valor reside exclusivamente en la confianza que el público deposite en la moneda⁷⁰⁸.

De esta manera, cuando el Estado estaba obligado a entregar activos de reserva con la amortización de los títulos, se encontraba justificado en términos económicos calificar al dinero emitido por el banco central como una deuda de este. Hoy en día, sin embargo, los bancos centrales no están verdaderamente obligados a redimir sus títulos, puesto que la autoridad monetaria no entregará ningún activo de respaldo a cambio del dinero que ha emitido. Por este motivo, cierto sector doctrinal señala la inadecuación de la calificación del dinero del banco central como deuda y propone, en consecuencia, un tratamiento alternativo como instrumento

BCE, “What is a lender of last resort?”, 2019, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what-is-a-lender-of-last-resort.en.html> (última consulta, el 20.05.2022).

Por otro lado, se ha de destacar la necesidad de que el Estado adopte cautelas a la hora de rescatar a las entidades de crédito potencialmente insolventes, debido a la posibilidad de que la crisis financiera desemboque en una crisis soberana por la asunción de pérdidas por parte del sector público. Téngase en cuenta que los sistemas de garantía de depósitos y la liquidez otorgada a las entidades de crédito constituyen pasivos del Estado. Por este motivo, está justificado que el acceso a la liquidez del prestamista de última instancia se encuentre condicionado. Vid. TIRADO MARTÍ, I., “Crisis financiera y crisis soberana. Un análisis de los mecanismos de transmisión” en A. J. ROJO FERNÁNDEZ y A. B. CAMPUZANO LAGUILLO (coords.), *Estudios jurídicos en memoria del profesor Emilio Beltrán. Liber amicorum*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2015, pp. 2352-2355, (de la versión disponible en Tirant Online).

⁷⁰⁶ La inconvertibilidad se ha producido históricamente en periodos de guerra. Los costes de financiación del conflicto han provocado una sobre emisión que las reservas no podían sostener. Pero el daño que las guerras provocan a estos sistemas monetarios con respaldo no se limita a una suspensión temporal de la convertibilidad. El exceso monetario de los conflictos conlleva normalmente una devaluación de la moneda nacional, esto es, al establecimiento de una nueva tasa de cambio entre el papel-moneda y el activo de respaldo. El Reino Unido, por cuestiones de prestigio, quiso mantener el tipo de cambio previo a la Primera Guerra Mundial a pesar de que no era sostenible por la cantidad de reservas disponibles. La falta de credibilidad del Banco de Inglaterra conllevó un generalizado abandono del patrón oro en la época de la Gran Depresión de los años treinta del siglo XX.

SELGIN, G., “The Rise and Fall of the Gold Standard in the United States”, *Cato Institute Policy Analysis*, N 729, (2013), pp. 11-14.

⁷⁰⁷ El restablecimiento del patrón oro tras la Segunda Guerra Mundial se produjo con el Sistema de Bretton Woods. Según este acuerdo, la única moneda con convertibilidad en oro sería el dólar estadounidense. El resto de las divisas tendrían tan solo una vinculación indirecta con el patrón al establecerse unos tipos de cambio fijos, aunque flexibles, con el dólar estadounidense. Parecía una solución acertada, habida cuenta de que la FED acaparaba la mayor parte de las reservas de oro disponibles al final de la Segunda Guerra Mundial. No obstante, el planteamiento dejó de tener validez en cuanto EEUU utilizó la posición del dólar como moneda de reserva, esto es, la divisa que constituye el principal activo de las reservas exteriores de los bancos centrales, para obtener financiación exterior. La acumulación de reservas internacionales en dólares estadounidenses por parte de terceros bancos centrales provocó, al igual que le sucedió al Banco de Inglaterra, la falta de credibilidad de la FED para atender todas las solicitudes de redención de dólares por oro, dado que la cantidad de dólares superaba por demasiado al oro en disposición de la FED. A partir del 15 de agosto de 1971, la convertibilidad del dólar estadounidense por oro se dio por finalizada.

SELGIN, “The Rise and Fall...” cit., pp. 17-19.

⁷⁰⁸ De acuerdo con GLEESON, el valor del dinero se encuentra en el hecho de que un acreedor considere que a posteriori un tercero aceptará como pago las unidades monetarias obtenidas; el poder adquisitivo del dinero no deriva del valor intrínseco del medio de pago o del patrón que lo respalde. GLEESON, cit., pp. 22-24.

financiero y bien público de naturaleza *sui generis*, que no encaja en ninguna categoría legal o económica preexistente⁷⁰⁹. Una recalificación del dinero del banco central en el sentido indicado podría acarrear diversas consecuencias⁷¹⁰. En cualquier caso, la perspectiva de GLEESON sobre este debate resulta bastante esclarecedora: los operadores económicos tratan al dinero fiduciario del banco central no como un crédito contra este, sino como un medio de extinción de deudas monetarias⁷¹¹.

En conclusión, el hecho de que el dinero tenga un origen en el crédito constituye un recordatorio de que la oferta monetaria de dinero fiduciario debe guardar una relación adecuada con el valor representado⁷¹². Más adelante se desarrollará esta idea con ocasión de la aplicación de la Teoría Cuantitativa del Dinero al análisis normativo de la política monetaria. No obstante, el dinero, antes que un crédito contra un emisor concreto, constituye un medio aceptado de extinción de deudas monetarias.

4. Dinero y política monetaria

A. Importancia de la política monetaria y teorías normativas

a. La perspectiva keynesiana

La *Teoría General* de KEYNES, cuyo objetivo fundamental es conseguir el pleno empleo, descansa en la asunción de que la eliminación del desempleo depende de una combinación óptima o adecuada de dos variables de la demanda agregada. Se trata del nivel de inversión y de la llamada propensión al consumo⁷¹³, o cantidad dineraria que se dedica al consumo con un aumento de renta. Una mayor propensión para consumir conllevará un mayor nivel de demanda efectiva. No obstante, a mayor nivel de renta, menor será la proporción del ingreso que se dedica al consumo⁷¹⁴. Resulta necesario, por tanto, intervenir sobre la variable inversión para que la demanda efectiva pueda alcanzar un valor óptimo al que corresponda un nivel de pleno empleo⁷¹⁵. De esta manera, un aumento de la inversión daría lugar a una serie de procesos que culminarían en un incremento total del empleo, el cual supone un múltiplo de la ocupación obtenida con la cantidad original invertida. En consecuencia, en el modelo keynesiano, la producción y la ocupación constituyen una función de la inversión.

⁷⁰⁹ KUMHOF, ALLEN, BATEMAN, LASTRA, GLEESON, OMAROVA, cit., p. 3.

⁷¹⁰ Principalmente, porque permitiría eliminar de las estadísticas el cómputo del dinero del banco central como deuda de este y relajar así las restricciones del sector público al endeudamiento y a su monetización. KUMHOF, ALLEN, BATEMAN, LASTRA, GLEESON, OMAROVA, cit., pp. 33-41.

⁷¹¹ GLEESON, cit., p. 77.

⁷¹² RUIZ OJEDA, "Insolventes e ilíquidos...", cit., pp. 71-72.

⁷¹³ El ingreso marginal que obtiene un sujeto, esto es, las unidades monetarias adicionales que adquiere, tiene dos finalidades: el ahorro y el consumo. Así, la cantidad que se deja de consumir constituye el ahorro del consumidor. La proporción que se dedica al consumo del nuevo ingreso obtenido es la propensión para consumir.

⁷¹⁴ Según KEYNES, esta circunstancia conlleva la paradoja de que las sociedades ricas con una baja tasa de inversión adolezcan de niveles altos de desempleo y pobreza. KEYNES, cit., p. 24.

⁷¹⁵ Señala KEYNES que un aumento del empleo en la economía proporciona un aumento del ingreso. No obstante, la totalidad del ingreso obtenido no se dedica al consumo, puesto que se ahorra. Los empresarios no pueden crear el empleo correspondiente al aumento de la riqueza porque el ahorro limita la cantidad de bienes y servicios que pueden vender. Para que en el mercado de trabajo no exista una alta tasa de desempleo se requiere que la inversión compense la cantidad de ingreso que no se dedica al consumo. KEYNES establece así una relación directa entre el nivel de inversión y el empleo. KEYNES, cit., p. 22.

Se ha de indicar que el *multiplicador keynesiano* hace referencia específicamente al gasto público⁷¹⁶. ¿Qué ocurre con la inversión del sector privado? La inversión planeada del sector privado en equipos y estructuras más la inversión en inventario no variable⁷¹⁷ se ve directamente influida por el tipo de interés real⁷¹⁸. Esto se debe a que el rendimiento esperado de la inversión debe siempre superar al coste de la financiación o al coste de oportunidad, esto es, lo que se deja de ingresar por desechar la alternativa económica consistente en invertir en bonos⁷¹⁹. De esta manera, unos tipos de interés altos desincentivan la realización de inversiones, mientras que unos tipos bajos fomentan la demanda agregada como consecuencia de un mayor nivel de inversión. En este contexto, hay que tener en cuenta que el principal responsable de fijar los tipos de interés reales, al menos en el corto plazo, es el banco central⁷²⁰. El banco central subirá los tipos de interés cuando la inflación alcance niveles no tolerables.

Autores pertenecientes a esta corriente de pensamiento aluden a un umbral a partir del cual la política monetaria perdería eficacia. Este límite vendría dado por el momento en el que los tipos de interés han llegado a niveles de cero o cercanos a este⁷²¹. En consecuencia, cuando se manifiesta esta circunstancia, resulta necesario acudir a la política fiscal para estimular la economía. No obstante, cabe descartar que la política monetaria pierda eficacia cuando el tipo de interés es cercano a cero, porque el banco central siempre puede inyectar una liquidez en la

⁷¹⁶ Un gasto público inicial que por sí solo puede producir un aumento de la riqueza deriva en un ingreso mucho mayor, y en consecuencia en un mayor nivel de empleo, porque el salario que obtiene el trabajador con la obra pública permite que el empleado consuma en función de su propensión para consumir. Según KEYNES, si un trabajador tiene una propensión de consumo de 9 por cada 10 unidades monetarias recibidas en su puesto de trabajo creado con inversión pública, el multiplicador es de un 10. De esta manera, por cada puesto de trabajo creado con inversión pública, el sector privado crea diez empleos. KEYNES, cit., pp. 61-62.

El multiplicador keynesiano se calcula de la siguiente manera: $\frac{1}{1-PMC}$ donde PMC es la propensión de consumo.

⁷¹⁷ La inversión del sector privado se divide en inversión fija e inversión de inventario. La última es aquella en la que las empresas incurren para atender la demanda de sus clientes. Al contrario que la primera, una parte de la inversión en inventario no está planeada porque depende directamente del éxito comercial de la empresa en el ciclo económico. En cualquier caso, la inversión en inventario que no es variable sí forma parte de la inversión planeada. MISHKIN, cit., p. 552.

⁷¹⁸ El tipo de interés real se obtiene tras deducir al tipo de interés nominal el porcentaje de inflación existente en la economía.

⁷¹⁹ Asimismo, las decisiones de inversión de las empresas también se verían influidas por sus expectativas acerca del futuro de la economía. Estas expectativas vienen, no obstante, principalmente determinadas por corazonadas, de ahí que se hable de *animal spirits* en el ámbito económico. MISHKIN, cit., p. 553.

En un lenguaje más técnico, KEYNES explica que el nivel de inversión depende de la relación entre el tipo de interés y la eficiencia marginal del capital correspondiente a diferentes niveles de inversión. La eficiencia marginal del capital viene dada por el margen que existe entre el valor presente de los rendimientos futuros y el coste de reposición de estos bienes. KEYNES, cit., p. 74.

⁷²⁰ KEYNES otorga un papel mayor al Estado en lo que se refiere a la inversión privada. Esto se debe a que el autor no restringe la intervención de las autoridades monetarias a la determinación del tipo de interés, sino que admite una suerte de planificación pública de la inversión privada en estos términos:

“For my own part I am now somewhat sceptical of the success of a merely monetary policy directed towards influencing the rate of interest. I expect to see the State, which is in a position to calculate the marginal efficiency of capital-goods on long views and on the basis of the general social advantage, taking an ever greater responsibility for directly organising investment; since it seems likely that the fluctuations in the market estimation of the marginal efficiency of different types of capital, calculated on the principles I have described above, will be too great to be offset by any practicable changes in the rate of interest.”

KEYNES, cit., p. 83.

⁷²¹ Se conoce como “trampa de liquidez” a este fenómeno. Un incremento de la cantidad de dinero de la economía no puede afectar a la demanda agregada porque no hay una correlativa disminución en el tipo de interés. MISHKIN, cit., p. 545.

economía que incrementará la demanda agregada⁷²². Asimismo, este aumento de la demanda agregada podrá producir inflación y poner así en riesgo la credibilidad del dinero, como seguidamente se explicará.

b. La Teoría Cuantitativa del Dinero

Para los economistas *keyneanos*, el tipo de interés que marca el banco central constituye uno de los factores que influyen en la demanda agregada y el principal instrumento para controlar la inflación: la política monetaria consiste, por tanto, en la gestión del tipo de interés en función de la coyuntura económica⁷²³. La cantidad de dinero como indicador macroeconómico no es útil en el modelo (neo)*keynesiano*. Hay que tener en cuenta que, en la actualidad, este es el modelo macroeconómico que utilizan los bancos centrales como marco intelectual desde el que desarrollan su política monetaria⁷²⁴.

Al contrario que la corriente de pensamiento anterior, la llamada Teoría Cuantitativa del Dinero hace hincapié en la importancia de la cantidad de dinero para determinar su poder adquisitivo,

⁷²² Para que la inyección de liquidez tenga efectos sobre la economía real resulta clave que las expansiones monetarias proporcionen fondos a los actores económicos no bancarios. Si los bancos comerciales retienen como reservas estos incrementos monetarios, no existirá más dinero disponible en la economía que haga aumentar la demanda. TIM CONGDON se refiere a este caso como “trampa de liquidez estrecha”. La monetización de la deuda pública, esto es, la compra de deuda con nuevo dinero del banco central evita esta trampa de liquidez, ya que el gasto público asegura que los agentes económicos reciban la inyección monetaria.

Asimismo, TIM CONGDON observa que la trampa de liquidez de KEYNES consiste concretamente en el hecho de que, si los tipos de interés de los bonos se encuentran cercanos a cero, el inversor no invertirá su dinero en bonos porque ante cualquier subida del tipo de interés sufrirá una pérdida de capital. En consecuencia, cualquier inyección de dinero adicional permanecerá sin invertir y no hará más que aumentar la liquidez. No obstante, aunque no haya incentivos para invertir en bonos en esta situación, CONGDON señala que en la economía existen muchas más opciones de inversión. La efectiva inversión en estos activos conllevará un incremento de la demanda agregada que tendrá un correlativo impacto en la economía real. CONGDON, T., “Monetary Policy at the Zero Bound”, *World Economics*, Vol. 11, N 1, (2010), pp. 28-29 y CONGDON, T., “Can central banks run out of ammunition? The role of the money-equities-interaction channel in monetary policy” *Economic Affairs*, Vol. 41, N 1, (2021), pp. 32-33.

La política monetaria, en conclusión, siempre es efectiva, aunque sea para producir malos resultados.

⁷²³ Al respecto se ha indicado que la tasa de interés natural no se forma en el mercado monetario, sino en la economía real. Se trata del precio de los bienes presentes en términos de bienes futuros. Los consumidores e inversores pagan una tasa de interés por adelantar el consumo de bienes y servicios, mientras que los vendedores y prestamistas cobran el correspondiente interés por aplazar el cobro del pago. La tasa de interés “natural” depende así de la relación entre el ahorro y la inversión. A mayor nivel de ahorro en relación con la demanda de bienes presentes, menor tipo de interés, y viceversa. La independencia de la tasa de interés del mercado monetario —el tipo de interés natural podría existir aun sin dinero— conlleva para los autores contrarios a la tesis *keynesiana* que el tipo de interés no constituya una herramienta de política monetaria adecuada para controlar la inflación. En su lugar, el entendimiento de la inflación como un fenómeno exclusivamente monetario conllevaría que la pérdida del poder adquisitivo del dinero se gestionase a través del control de la oferta monetaria. GIACOMINI, D., *Papel pintado*, Galerna, Buenos Aires, 2020, pp. 199-201.

⁷²⁴ El modelo lo desarrollan RICHARD CLARIDA, JORDI GALI y MARK GERTLER. De acuerdo con estos autores, el título “neokeynésiano” responde al hecho de que incorporan la asunción de KEYNES de que los precios en la economía son rígidos. Esto significa que el marco institucional en el que opera la economía contiene temporalmente la subida de los precios o inflación que provocan los estímulos monetarios, al tiempo que las medidas que implementa el banco central fomentan la demanda agregada. Por otro lado, el prefijo “neo” hace referencia a que el modelo incluye contribuciones de la literatura económica posteriores al trabajo de KEYNES. Asimismo, estos autores destacan que el principal instrumento de política monetaria es el tipo de interés, mientras que el papel de los agregados monetarios o cantidad de dinero en circulación se encuentra claramente degradado. CLARIDA, R., GALI, J., GERTLER, “The science of monetary policy: a new keynesian perspective”, *National Bureau of Economic Research*, N 7147, (1999), pp. 3-6.

entre otros aspectos⁷²⁵. De esta manera, una oferta monetaria excesiva puede provocar que la unidad de cuenta pierda su capacidad de compra⁷²⁶.

La Teoría Cuantitativa del Dinero se suele representar algebraicamente mediante la llamada ecuación cuantitativa⁷²⁷, que a continuación se reproduce:

$$M \times V = P \times T$$

Donde M representa la masa monetaria o cantidad de dinero en circulación, V la velocidad de circulación del dinero o número de veces que una unidad monetaria se utiliza en transacciones, P es el nivel de precios de los bienes y servicios adquiridos y T la cantidad de dichos bienes y servicios. De esta manera, el nivel general de precios, representado por P , depende de las otras variables. La tesis monetarista apunta a que V es relativamente constante. De esta manera, el nivel general de precios depende principalmente de M ⁷²⁸.

No obstante, se ha de reconocer que el conocimiento inadecuado de la ecuación cuantitativa puede dar lugar a predicciones erróneas. En respuesta a la crisis económico-financiera de 2007-08, la FED cuadruplicó su balance, lo cual significa que introdujo nuevo dinero en la economía mediante la compra de activos, y mantuvo los tipos de interés muy bajos durante un largo periodo de tiempo. Tras la implementación de estas medidas, no acaeció un incremento de la inflación a pesar del aumento de la cantidad de dinero⁷²⁹. De hecho, “el nuevo keynesianismo” se ha impuesto a los partidarios de “la contrarrevolución monetarista” debido a estos errores en la aplicación de la Teoría Cuantitativa del Dinero y sus expresiones matemáticas.

En efecto, existe cierta discordia entre los autores monetaristas acerca de la interpretación y aplicación de la teoría cuantitativa. La definición de M constituye una de las disputas más relevantes a estos efectos. En este sentido, unos autores utilizan un concepto *restringido* del dinero, mientras que otros emplean una noción *amplia*⁷³⁰. Otra situación que impide que los

⁷²⁵ Una de las principales aplicaciones de la Teoría Cuantitativa del Dinero consiste en la predicción y explicación de los episodios inflacionarios con motivo del aumento de la cantidad de dinero en circulación en condiciones de *ceteris paribus*, esto es, sin que el resto de las variables determinantes del nivel general de los precios hayan experimentado algún cambio. No obstante, el análisis monetarista también señala que la oferta monetaria determina la renta y la riqueza nacional. En este sentido, los aumentos repentinos de los agregados monetarios conllevan un correlativo aumento del gasto, dado el exceso de liquidez de los agentes económicos, con implicaciones en la economía real. De hecho, esta es la principal causa de los ciclos económicos. CONGDON, T., “What were the causes of the Great Recession? The main mainstream approach vs the monetary interpretation” en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 37-39.

⁷²⁶ RUIZ OJEDA señala que una oferta monetaria desmesurada hace que el dinero pierda cualquier relación con el valor de uso que debería representar. La consumación de este proceso conlleva la destrucción del dinero. RUIZ OJEDA, “Green Monetary Policy...” cit., pp. 827-828.

⁷²⁷ La literatura económica ha tratado la relación entre la cantidad de dinero y el nivel general de los precios desde el siglo XVI. En esta época se demostró la contraintuitiva conclusión de que la obtención de metales preciosos, que en la economía de este periodo se utilizaban como dinero, no producía un aumento real de la riqueza, ya que el poder monetario adquirido se veía compensado por una correlativa subida de los precios. No obstante, sería IRVING FISCHER quien expresó matemáticamente la Teoría Cuantitativa del Dinero mediante la celeberrima ecuación cuantitativa. FISCHER, I., *The Purchasing Power of Money*, Macmillan, Nueva York, 1920, p. 25.

⁷²⁸ MISHKIN, cit., pp. 534-536.

⁷²⁹ SELGIN, G., “Return of the Inflation Mongers”, 2020, disponible en <https://www.alt-m.org/2020/04/27/return-of-the-inflation-mongers/> (última consulta, el 30.05.2022).

⁷³⁰ La diferencia estriba en que unos autores utilizan en sus estimaciones la llamada base monetaria, que únicamente comprende el dinero en efectivo y las reservas bancarias depositadas en cuentas del banco central, mientras que otros usan indicadores que, además de la base monetaria, computan como dinero los depósitos a la vista y otras formas de dinero menos líquidas. Los “monetaristas de la Escuela de Chicago”

aumentos de la cantidad de dinero conlleven un alza de los precios es la reducción de la velocidad de circulación del dinero, *V*. En circunstancias normales, un incremento de la liquidez debería ocasionar un crecimiento de la demanda que presionara los precios. No obstante, dicha relación no siempre se cumple. Es posible que un aumento de la preferencia por la liquidez, es decir, del ahorro, implique que una inyección monetaria no se traduzca en un aumento de precios⁷³¹. Asimismo, se ha de contemplar la posibilidad de que las entidades de crédito, principales responsables de la determinación de la cantidad de dinero en la economía, no aumenten el número de préstamos concedidos, a pesar de que el banco central trate de impulsar la concesión de crédito mediante la inyección de reservas al sistema bancario. No obstante, se ha indicado que la inhibición de las entidades de crédito se debe principalmente a un efecto no pretendido de la regulación prudencial⁷³².

Por otro lado, la Teoría Cuantitativa del Dinero también se enfrenta a una serie de límites. HAYEK indica que la teoría cuantitativa no podría utilizarse en un escenario de competencia monetaria competitiva, ya que la teoría cuantitativa asume que solo existe un único tipo de dinero en la economía⁷³³. Asimismo, incluso en el supuesto de que solo exista una clase de dinero, la Teoría Cuantitativa del Dinero no es capaz de capturar todas las consecuencias económicas de la expansión monetaria⁷³⁴. En definitiva, el uso exclusivo de la Teoría Cuantitativa del Dinero para explicar variables macroeconómicas descuida el análisis de otros aspectos de la economía real (microeconómicos) que son igualmente relevantes para alcanzar conclusiones sólidas sobre los valores agregados de la economía⁷³⁵.

En cualquier caso, una vez hechas las oportunas advertencias acerca del uso y los límites de la ecuación cuantitativa, se ha de señalar la importancia de que las autoridades monetarias no dejen de utilizarla como uno de los parámetros desde el que adoptar las decisiones de política monetaria. Así, y en contra de lo que se ha sostenido por parte de los bancos centrales, el repunte de la inflación como consecuencia de los estímulos monetarios que las autoridades implementaron para contrarrestar los efectos económicos perniciosos del Covid-19, podría haberse anticipado si se hubiera empleado la ecuación cuantitativa. Así, la deflación inicial que tuvo lugar a pesar de la

suele adscribirse al primer grupo; “el monetarismo británico”, en cambio, se caracteriza, entre otros extremos, por emplear el llamado “dinero amplio” para realizar predicciones. CONGDON, T., *Money in a free society*, Encounter Books, Nueva York, 2011, pp. 275-279.

⁷³¹ En este caso, la velocidad de circulación del dinero ha disminuido. THOMAS, R., “Uk broad money growth and nominal spending during the Great Recession: an analysis of the money creation process and the role of money demand” en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, p. 80.

⁷³² Las diversas normativas nacionales que han implementado los estándares internacionales fijados en las Normas de Basilea III han impuesto nuevos requisitos de capital, de liquidez y de gestión de riesgos. La reforma ha perjudicado la concesión de crédito en general y, en particular, la financiación de proyectos empresariales de riesgo. Este retroceso en la actividad crediticia resulta perjudicial para la economía. CONGDON, “How have changes in regulation affected UK...”, cit., p. 2.

⁷³³ En una economía con competencia monetaria existirían distintas demandas de dinero. Las monedas en circulación, al no ser sustituibles, no pueden computarse conjuntamente. Por este motivo, no pueden hallarse los valores que hay que sustituir en la ecuación cuantitativa. HAYEK, cit., p. 77.

⁷³⁴ HAYEK indica que la teoría cuantitativa centra su atención en los efectos de los cambios de la cantidad de dinero en el nivel general de precios, pero descuida el tratamiento de las consecuencias de la expansión crediticia en la estructura de precios relativos y en los incentivos para realizar inversiones inadecuadas. En efecto, y como anteriormente se ha destacado, la inflación no afecta de forma homogénea a todos los actores económicos. Es más, antes de que la inflación alcance a los bienes de consumo, el precio de activos como las acciones o los bienes inmuebles ya ha experimentado una apreciación muy considerable. HAYEK, cit., pp. 80-82.

⁷³⁵ La economía constituye un sistema orgánico en el que intervienen procesos en distintas fases temporales que ningún modelo macroeconómico puede capturar. Por este motivo, HUERTA DE SOTO critica a los autores que tienen una visión *mecanicista* de la economía, esto es, una aproximación simplificada que obvia aspectos económicamente relevantes y que pretende tratar de forma objetiva elementos que son subjetivos por naturaleza. HUERTA DE SOTO, “Dinero, crédito bancario...” cit., pp. 407 y ss.

inyección de liquidez se habría explicado con el desplome de la velocidad de circulación del dinero que ocasionó la incertidumbre económica. Posteriormente, la recuperación de la velocidad de circulación con la reapertura económica ocasionó que el incremento de la cantidad de dinero se viera reflejado en el nivel general de precios⁷³⁶.

B. Los instrumentos de la política monetaria

Anteriormente, se ha visto la importancia de la política monetaria para las principales corrientes de la doctrina económica y los mecanismos por los que cada escuela de pensamiento se inclina para alcanzar la necesaria estabilidad de precios⁷³⁷. Antes de analizar el desempeño de los bancos centrales con uno y otro modelo económico, se ha analizar sucintamente los instrumentos de los que dispone la política monetaria para alcanzar sus objetivos.

a. El multiplicador monetario

El banco central tiene el monopolio de la emisión del dinero que constituye la *base monetaria*, esto es, la categoría que no contabiliza los depósitos de los clientes en las entidades de crédito. No obstante, únicamente controla la base monetaria no prestada, es decir, aquella que no ha inyectado al sector financiero en su función de prestamista de último recurso⁷³⁸. La base monetaria

⁷³⁶ La crisis económica de 2007-08 constituyó un supuesto completamente distinto. En aquella ocasión, en contra del pronóstico de algunos autores, la expansión cuantitativa (*Quantitative Easing* o QE, en adelante) que implementaron los bancos centrales no dio lugar a un episodio inflacionario. De hecho, aquellos programas de compra de activos que regaron de dinero la economía frenaron la recesión económica que originó la crisis financiera porque acabó con la caída de la oferta de dinero. Hay que tener en cuenta que en esta época los bancos dejaron de conceder crédito, la principal fuente de creación de dinero, debido en primer lugar a la incertidumbre que supuso la crisis financiera y, en segundo lugar, a los requerimientos que impuso la regulación prudencial. El QE compensó así la destrucción de dinero que ocasionó la presión sobre las entidades de crédito. CONGDON, T., "The debate over *quantitative easing* in the UK's Great Recession and afterwards", en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 69-71.

No obstante, el panorama económico que planteó la pandemia del Covid-19 era completamente distinto. La recesión no se debió a una caída de la demanda, sino a una paralización de la producción como consecuencia del cierre forzoso de la actividad económica. En esta tesitura, la inflación aumentaría conforme más acusada fuera la caída de la producción en relación con la demanda. Los estímulos monetarios se traducirían así en una mayor inflación como consecuencia de la bajada de la producción y el empuje de la demanda. CASTAÑEDA, CONGDON, cit., pp. 6-7.

⁷³⁷ El objetivo primordial de la política monetaria es la estabilidad de los precios. Así, lo indica el art. 119.2 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (DOUE, C 326/47, de 26.10.2012).

Cabe indicar que la disposición no define qué se entiende por estabilidad de precios. Es una cuestión que se delega al Consejo de Gobierno del BCE. Desde 2003 y hasta mediados del 2021, el BCE entendía por estabilidad de precios una inflación cercana, aunque inferior, al 2% en el medio plazo. En la última revisión de su estrategia, el BCE simplemente determina que la estabilidad de precios equivale a una inflación del 2% en el medio plazo. WYPLOSZ, C., *The ECB's New Definition of Price Stability: Better but Short of Specifics*, European Parliament's committee on Economic and Monetary Affairs (ECON), Bruselas, 2021, p. 10.

Por otro lado, es cierto que la FED dispone de un *mandato dual*. Esto significa que la política monetaria en EEUU tiene como objetivos fundamentales tanto la estabilidad de los precios como el pleno empleo.

⁷³⁸ Se trata de una función consistente en proporcionar liquidez al sector bancario para detener una situación de pánico financiero que podría acabar con la desestabilización de entidades de crédito solventes. Hay que tener en cuenta que en un sistema de reserva fraccionaria es perfectamente normal que las entidades de crédito operen sin tener reservas para atender todas las demandas de efectivo. El pánico financiero, no obstante, conlleva que todo el público acuda a retirar reservas que no están disponibles. En esa situación, el banco central debe apoyar al mercado mediante una línea de liquidez, lo cual significa que solo las entidades solventes podrán acceder a esta ayuda extraordinaria del banco central. Vid. WOOD, G.E., "The Lender of Last Resort Reconsidered", *Journal of Financial Services Research*, Vol. 18, N 2, (2000), pp. 204-206.

prestada depende de la voluntad de las entidades de crédito⁷³⁹. Por otro lado, el banco central introduce o retira reservas no prestadas del sistema bancario de forma planificada mediante la realización de *operaciones de mercado abierto*. En esencia, se trata de compraventas de valores entre las entidades de crédito y el banco central⁷⁴⁰.

La base monetaria no constituye el grueso del dinero de la economía, ya que este viene dado por los depósitos de los clientes en las entidades de crédito. Ahora bien, la base monetaria resulta fundamental para el proceso de creación de dinero bancario a través del conocido como *multiplicador monetario*⁷⁴¹. El control de la base monetaria constituye así el principal resorte del banco central para controlar la cantidad de dinero de la economía. No obstante, la oferta monetaria real de la economía no viene determinada mediante una aplicación mecanicista del multiplicador monetario⁷⁴². En este sentido, el proceso de multiplicación monetaria puede verse interrumpido si los depósitos se convierten en efectivo para efectuar transacciones fuera del circuito bancario o, un fenómeno que se ha producido tras la crisis financiera de 2007-08, si las entidades de crédito deciden conservar las reservas en lugar de aplicarlas al proceso de creación monetaria mediante la concesión de crédito⁷⁴³.

⁷³⁹ MISHKIN, cit., p. 394.

⁷⁴⁰ Con la compra de bonos el banco central inyecta liquidez a las entidades de créditos, ya que intercambia dinero por los valores. Con la venta de valores sucede lo contrario: el banco central retira reservas del mercado porque estas se entregan a cambio de los bonos.

Hay dos tipos de operaciones de mercado abierto: las transacciones en firme y las operaciones con pacto de recompra, o repo. Las primeras son definitivas, mientras que los efectos de las segundas se revierten cuando se alcanza cierta fecha. En el segundo caso, el banco central proporciona o restringe la liquidez por un corto espacio de tiempo. CUADRADO ROURA, J.R., “Política monetaria” en J.R. CUADRADO ROURA (Dir.) *Política económica. Elaboración, objetivos e instrumentos*, McGraw-Hill, Madrid, 2010, p. 306.

Existen cuatro categorías de operaciones de mercado abierto: las operaciones principales de financiación, que se caracterizan por celebrarse semanalmente y disponer de un plazo de vencimiento también semanal; las operaciones de financiación a plazo más largo, las cuales se llevan a cabo con una periodicidad mensual y fijan un plazo de vencimiento de tres meses; operaciones de ajuste, que con carácter extraordinario y sobre una base normalmente bilateral permiten gestionar los desajustes temporales de liquidez y las fluctuaciones en el tipo de interés interbancario, y las operaciones estructurales, que tienen por objeto modificar la posición financiera de los bancos centrales frente a las entidades de crédito. Banco de España, “Los instrumentos del Eurosistema”, 2022, disponible en https://www.bde.es/bde/es/areas/polimone/instrumentos/Los_instrumento_12a60642abac821.html (última consulta, el 09.07.2022).

⁷⁴¹ En un sistema de reserva fraccionaria, las entidades de crédito necesitan disponer de una cantidad determinada de base monetaria para respaldar el dinero reconocido en los depósitos bancarios con carácter obligatorio. Esta cantidad viene determinada por el denominado como coeficiente de caja, cuya aplicación a los depósitos resulta en una cuantía de reservas obligatorias.

Para calcular el multiplicador monetario es necesario, además, tener en cuenta la base monetaria que no se incorpora al proceso de multiplicación del dinero, esto es, el efectivo retenido por el público y las reservas voluntarias que los bancos comerciales mantienen como protección frente a las demandas de entrega de efectivo. De esta manera, el multiplicador monetario se calcula como:

$$m = \frac{1 + c}{rr + e + c}$$

Donde m es el multiplicador monetario, c es el efectivo que el público mantiene en relación con sus depósitos bancarios, rr son las reservas obligatorias que son resultado de aplicar el coeficiente de caja a un determinado nivel de depósitos bancarios y e son las reservas voluntarias de los bancos comerciales. MISHKIN, cit., pp. 403-405.

⁷⁴² Si así fuera, una vez determinado m , solo habría que multiplicar este valor por la base monetaria para obtener la cantidad de dinero total de la economía. La fórmula es sencilla:

$$M = m \times BM$$

Donde M es la cantidad de dinero, m el multiplicador monetario y BM la base monetaria.

⁷⁴³ MISHKIN, cit., pp. 400-401.

b. El mercado de reservas bancarias: los instrumentos tradicionales de la política monetaria

El banco central es el único emisor de la base monetaria, que constituye el dinero que los bancos comerciales deben entregar a sus clientes cuando estos solicitan el reintegro de sus depósitos y el activo que se utiliza para liquidar las obligaciones que las entidades de crédito tienen entre sí. No obstante, esto no quiere decir que los bancos comerciales dependan en exclusiva del banco central y de la captación de depósitos para obtener reservas. En torno a las reservas bancarias ha surgido un mercado en el que los bancos comerciales demandan y ofrecen este activo; se trata del mercado interbancario. Ahora bien, es cierto que el banco central interviene activamente en este mercado para influir en el tipo de interés que se aplica a los préstamos de reservas bancarias. El banco central está interesado en fijar este tipo de interés, ya que se trata de un elemento fundamental para la determinación del coste de la financiación en el que deben incurrir los bancos comerciales al conceder crédito⁷⁴⁴. De esta manera, un mayor coste de las reservas bancarias redundará en una menor inversión y, por consiguiente, una menor demanda agregada, dado que las entidades de crédito imputarán un tipo de interés superior a los demandantes de financiación. Seguidamente se analizan estos instrumentos.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que el mercado interbancario viene dado por el cruce de las curvas de demanda y oferta de reservas⁷⁴⁵. La intersección entre la oferta y demanda constituye el tipo de interés interbancario⁷⁴⁶. Las operaciones de mercado abierto han constituido tradicionalmente la principal herramienta de los bancos centrales para modificar el tipo de interés interbancario. El banco central inyectaba o retiraba base monetaria para desplazar a la derecha o a la izquierda, respectivamente, la curva (recta, dada su inelasticidad) de oferta de reservas. El resultado es una nueva intersección de las curvas de oferta y demanda de reservas, esto es, del tipo de interés interbancario, en el sentido pretendido por el banco central⁷⁴⁷.

A partir de la crisis financiera-económica de 2007-08, los bancos centrales han utilizado un nuevo instrumento de política monetaria como principal resorte para modificar el tipo de interés

⁷⁴⁴ En cualquier caso, se ha de destacar que la entidad financiera acepta el riesgo de crédito que implica la concesión del préstamo siempre que pueda obtener un retorno adecuado que cubra el coste de la financiación en la que incurre en la entidad, ya sea por pagar intereses a los depositantes o pedir prestado en el mercado interbancario, y el riesgo que conlleva la operación.

SAUNDERS, A., CORNETT, M.M., ERMENJAMTS, O., *Financial Institutions Managements*, McGraw-Hill, Nueva York, 2021, p. 278.

⁷⁴⁵ La curva de demanda es decreciente, esto es, existirá mayor demanda de reservas cuanto menor sea el tipo de interés interbancario. La oferta de reservas, en cambio, es vertical, lo cual significa que es inelástica frente al tipo de interés interbancario. Recuérdese que el objetivo del banco central es utilizar la base monetaria en el marco de la operativa de la política monetaria. MISHKIN, cit., pp. 414-415.

⁷⁴⁶ Cuando la demanda de reservas iguala a la oferta, las fuerzas de este mercado se encuentran en *equilibrio*. Si el interbancario no coincide con el punto de equilibrio, este deberá ajustarse al alza o a la baja. MISHKIN, cit., p. 415.

⁷⁴⁷ Los bancos centrales también utilizan las denominadas *facilidades permanentes* para reducir la volatilidad del mercado interbancario. Se trata de operaciones de política monetaria que se inician a iniciativa de los bancos comerciales. Concretamente, en el caso del BCE, consisten en la facilidad marginal de crédito y la facilidad de depósito. Mediante la primera, las entidades de crédito solicitan al banco central un préstamo de reservas al que se imputa un tipo de interés superior al interbancario; la segunda hace referencia a la remuneración de las reservas de los bancos comerciales por parte del banco central por debajo del tipo de interés interbancario. Estos tipos de interés actúan, por tanto, como un límite inferior y superior al tipo de interés interbancario, de ahí que su operativa se califique como un *sistema de pasillo de tipos de interés*. BCE, “La política monetaria del BCE”, 2011, pp. 108-109, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/monetarypolicy2011es.pdf> (última consulta, el 01.06.2022).

En este sentido, se ha observado que en un *sistema de pasillo* el tipo de interés al cual presta reservas el banco central constituye un límite superior, mientras que el inferior viene dado por cero. En cuanto al límite inferior, se ha indicado que este no debe ser inferior a cero porque los bancos comerciales preferirían mantener las reservas a prestarlas con intereses negativos. BECKWORTH, cit., p. 4.

interbancario. Se trata de la remuneración con intereses de las reservas voluntarias⁷⁴⁸. Cuando el banco central aplica un tipo de interés a las reservas voluntarias, este actúa como un suelo para el interbancario: el tipo de interés interbancario no puede ser inferior al tipo de interés “administrativo” que fija el banco central y, además, debe seguir la subida del tipo de interés que fija el banco central⁷⁴⁹. De esta manera, el banco central consigue desligar el tipo de interés interbancario de la cantidad de reservas que introduce en el sistema bancario a través de sus inyecciones de liquidez⁷⁵⁰.

Otros instrumentos de política monetaria “convencional” vienen dados por el tipo de interés que los bancos centrales aplican a las entidades de crédito cuando la autoridad monetaria actúa como prestamista de última instancia⁷⁵¹. La principal función de esta herramienta reside en constituir un límite superior al tipo de interés interbancario. No obstante, puede llegar a afectar al mercado de reservas si excepcionalmente esta tasa de interés oficial fuese inferior al tipo de interés interbancario de equilibrio⁷⁵². Asimismo, los bancos centrales pueden optar por modificar el coeficiente de caja para aumentar o disminuir la cantidad de reservas obligatorias que los bancos comerciales deben disponer según los depósitos que tengan reconocidos. Los cambios en la cantidad de reservas obligatorias alteran la curva de demanda del mercado interbancario: producen su aumento o desplazamiento hacia la derecha si se incrementan las reservas requeridas y un descenso o movimiento hacia la izquierda si disminuyen las reservas obligatorias⁷⁵³.

Por último, conviene aclarar que el tipo de interés interbancario que se forma en el mercado de reservas es diferente de los intereses oficiales que fija el banco central en el marco de la ejecución de su política monetaria y del resto de tasas de interés que se aplican en la economía⁷⁵⁴.

⁷⁴⁸ Se ha de distinguir entre las reservas mínimas u obligatorias y las reservas voluntarias. Las reservas mínimas se encuentran reguladas en el Reglamento (UE) 2021/378 del Banco Central Europeo de 22 de enero de 2021 relativo a la aplicación de las reservas mínimas (refundición) (DOUE, L 73/1, 03.3.2021). Se trata de una cantidad de reservas que con carácter obligatorio una entidad de crédito debe mantener en las cuentas del banco central. La cuantía de reservas mínimas se calcula mediante la aplicación del coeficiente de reservas, actualmente fijado en un 1%, a las obligaciones de las entidades de crédito de hasta dos años para un periodo de mantenimiento de seis semanas. Las reservas mínimas se remuneran al tipo de las operaciones principales de financiación.

Las reservas que las entidades de crédito mantienen en las cuentas del banco central por encima de la cuantía que resulta de aplicar el coeficiente de reservas a sus obligaciones constituyen las llamadas reservas voluntarias. Su remuneración viene dada por el tipo de la facilidad de depósito. Asimismo, el banco central puede establecer varios niveles de remuneración de las reservas voluntarias, con la finalidad de penalizar la acumulación de liquidez que el banco central considere excesiva. Deutsche Bundesbank, “The two-tier system for reserve remuneration and its impact on banks and financial markets”, *Deutsche Bundesbank Monthly Report*, Vol. 73, N 1, (2021), pp. 59-79.

⁷⁴⁹ MISHKIN, cit., pp. 418-419.

⁷⁵⁰ Esta situación se ha calificado como “El Gran Divorcio” de la política monetaria y el dinero. BECKWORTH, cit., p. 6.

⁷⁵¹ En la terminología de la FED, se conoce a este instrumento como tasa de descuento (*Federal Discount rate* o *Discount Lending*). MISHKIN, cit., p. 417.

⁷⁵² MISHKIN, cit., p. 417.

⁷⁵³ En ausencia de un correlativo aumento de la oferta de reservas, un incremento de la demanda ocasiona una subida en el tipo de interés interbancario. Asimismo, un descenso de la demanda genera un reajuste a la baja del interbancario. MISHKIN, cit., p. 418.

⁷⁵⁴ Con los tipos oficiales de interés se hace referencia a la remuneración que el banco central aplica a los depósitos de las entidades de crédito en el banco central, al coste del crédito que la autoridad monetaria otorga en su función de prestamista de última instancia y al interés cargado a las operaciones de mercado abierto.

En definitiva, el banco central actúa directamente sobre estos tipos de interés oficiales para influir sobre la tasa de interés interbancario, de tal manera que esta a su vez influya sobre otros tipos de interés, el precio de los activos, el tipo de cambio de la divisa, etc. Banco de España, “¿Cómo actúa la política monetaria?”, disponible en

https://www.bde.es/bde/es/areas/polimone/politica/Como_actua_la_po/Como_actua_la__1e660642abac821.html (última consulta, el 11.07.2022).

c. Los instrumentos de política monetaria “no convencionales”

La crisis financiera-económica de 2007-08 demostró que las intervenciones del banco central en el mercado de reservas pueden carecer de impacto en la economía real, dado que las entidades de crédito pueden no hacer uso de las reservas para financiar la concesión de crédito. En este caso, “el mecanismo de transmisión de la política monetaria” habría dejado de funcionar⁷⁵⁵. También puede suceder que el tipo de interés interbancario ya haya alcanzado un nivel nominal de cero o cercano al cero⁷⁵⁶, en cuyo caso determinados autores señalan que la política monetaria ha perdido su eficacia como medio para recuperar la demanda agregada⁷⁵⁷.

Por este motivo, los bancos centrales se han visto abocados a utilizar instrumentos de política monetaria “no convencionales” para contrarrestar los efectos económicos de la recesión⁷⁵⁸. El primer instrumento de política monetaria no convencional ha consistido en la ejecución de programas extraordinarios de provisión de liquidez⁷⁵⁹.

En segundo lugar, los bancos centrales han desarrollado programas de compras de activos a través de la denominada expansión cuantitativa o QE. Es importante destacar que con el QE el banco central pretende inyectar base monetaria a cambio de la adquisición de activos. No obstante, los efectos del QE variarán en función del destinatario del dinero de nueva creación. Si el adquirente de las unidades monetarias es un banco comercial, porque el banco central ha adquirido un valor *eligible* directamente de esta entidad de crédito, existe la posibilidad de que el dinero creado simplemente engrose las reservas voluntarias del banco comercial, sin que aumenten los agregados monetarios con incidencia en la economía real. Sin embargo, en caso de que el banco central adquiera el activo de un operador económico distinto de la entidad de crédito, además de crear nuevas reservas bancarias, el banco central suministrará recursos monetarios de nueva creación a un agente económico que opera en la economía real⁷⁶⁰. El consiguiente gasto que

⁷⁵⁵ El mecanismo de transmisión de la política monetaria hace referencia a los canales mediante los cuales las decisiones de política monetaria afectan a la demanda agregada. En este sentido, los tipos de interés, los precios de los activos y el tipo de cambio constituyen elementos que responden a la política monetaria e influyen en las decisiones de los agentes económicos. Bank of England, “The transmission mechanism of monetary policy”, *Bank of England Quarterly Bulletin*, Vol. 39, N 2, (1999), pp. 161-166.

⁷⁵⁶ MISHKIN, cit., pp. 427-428.

⁷⁵⁷ Se trata de la trampa de liquidez. No obstante, como anteriormente se apuntó, en realidad la política monetaria nunca pierde eficacia porque el banco central siempre puede aumentar la cantidad de dinero en circulación. La política monetaria no se reduce a la gestión de los tipos de interés. CONGDON, “Can central banks run out of ammunition?...”, cit.

⁷⁵⁸ En realidad, no se trata de nuevos instrumentos que surgen a partir de la crisis económico-financiera de 2007-08. Conviene señalar en este sentido que las hiperinflaciones históricas han tenido su origen en una manipulación “exógena”, es decir, proveniente de las autoridades monetarias, de la cantidad de dinero en circulación, y no de procesos “endógenos” instados por el sistema bancario o por el resto del sector privado. Así, la hiperinflación de la República de Weimar se inició debido a “políticas monetarias no convencionales” consistentes en la monetización del déficit público, proceso vulgarmente conocido como “imprimir dinero”. CONGDON, T., “On some principles to fix the quantity of bank money”, *Institute of International Monetary Research Papers*, N 5, (2019), pp. 18-19.

⁷⁵⁹ El banco central suministra esta liquidez debido a su función de prestamista de última instancia.

La existencia de programas de liquidez adicionales debía eliminar el “estigma” de acudir a la “ventana de descuento” que la FED pone a disposición de las entidades de crédito con dificultades transitorias de liquidez. PÉREZ ASENJO, E., SILOS RIBAS, M., “Credit easing: la política monetaria de la reserva federal durante la crisis financiera”, *Boletín Económico de ICE*, N 2995, (2010), p. 15.

A raíz de la crisis financiera de 2007-08, se ha planteado la posibilidad de extender el acceso a la liquidez de urgencia del banco central a instituciones financieras no bancarias. BEN BERNANKE, antiguo director de la FED, favoreció el apoyo de la FED a los mercados financieros que se enfrentaron a problemas de liquidez. No obstante, otro sector doctrinal se opone a expandir la función de prestamista de última instancia. WOOD, “The Lender of Last Resort Reconsidered...” cit., p. 223.

⁷⁶⁰ RUIZ OJEDA, “Monetización del déficit público...” cit., pp. 373-374.

realice el beneficiario del programa de compra de activos en la economía real sí afectará a la demanda agregada y al nivel general de los precios. Asimismo, hay que distinguir el QE del llamado *qualitative easing* o *credit easing*⁷⁶¹.

En determinados modelos macroeconómicos, las expectativas de los agentes económicos han adquirido un papel fundamental⁷⁶². Bajo dicha premisa, los bancos centrales han planteado el *forward guidance* o guía prospectiva como una medida de política monetaria no convencional para influir sobre las expectativas de los operadores económicos, particularmente aquellas que versan sobre los tipos de interés, con el fin de estimular la inflación⁷⁶³. La gestión de las expectativas del mercado tiene lugar mediante la comunicación de que el banco central mantendrá un determinado tipo de interés interbancario en el medio o largo plazo⁷⁶⁴. El problema de este instrumento es que el banco central puede llegar a sobreestimar su propia capacidad para manejar las expectativas mediante la guía prospectiva⁷⁶⁵.

⁷⁶¹ En el primer caso, se produce una expansión del balance del banco central, esto es, una adquisición de activos a cambio de la emisión de base monetaria. En el segundo, el banco central plantea una reconfiguración de la composición de su balance, con independencia de que este se expanda o no. Así, el banco central pretende sustituir parte de sus activos más seguros por otros valores que presentan un mayor riesgo para apoyar a los mercados. En este sentido, durante la crisis económica-financiera de 2007-08 la FED vendió parte de sus activos seguros consistentes en deuda pública para financiar el apoyo al sector financiero. PÉREZ ASENJO, SILOS RIBAS, cit., p. 17.

⁷⁶² D. HUME dedujo el principio de neutralidad del dinero sobre la economía real con base en las expectativas racionales de los operadores económicos. A partir de esta tesis original, la doctrina económica ha concluido que los cambios en la cantidad de dinero tendrán efectos reales sobre la economía cuando los agentes económicos no hayan podido prever los estímulos monetarios. LUCAS, R.E., "Monetary neutrality", *Journal of Political Economy*, Vol. 104, N 4, (1996), pp. 680-682. En el largo plazo, sin embargo, los operadores económicos pueden anticipar las intenciones del banco central, de tal manera que la incorporación de la inflación a las expectativas impide que los estímulos monetarios tengan efectos reales sobre la economía. La "curva de Phillips aumentada" describe este fenómeno. MISHKIN, cit., pp. 622-624. Asimismo, en la conocida como Regla de Taylor, que se utiliza para calcular el tipo de interés interbancario que el banco central debe implementar en respuesta a la evaluación de una serie de variables macroeconómicas, las expectativas de inflación constituyen un valor fundamental. KLIESEN, K.L. "Is the Fed Following a "Modernized" Version of the Taylor Rule? Part 2," *Economic Synopses*, N 3, (2019), p. 1.

⁷⁶³ MISHKIN, cit., p. 432.

⁷⁶⁴ Las autoridades monetarias temían que la economía entrase en un periodo de deflación como consecuencia de la crisis económico-financiera de 2007-08. En consecuencia, los bancos centrales han tratado de promover la inflación. Habida cuenta de que un tipo de interés interbancario bajo favorece la inflación, las expectativas de los agentes económicos deberían ser favorables a la subida general de los precios. Así, las autoridades monetarias han pretendido combatir una persistente baja inflación mediante la combinación de dos fuerzas inflacionarias: un interbancario al mínimo y unas expectativas del mercado inflacionarias. Para azuzar a las expectativas en ese sentido, el banco central comunica que mantendrá el tipo de interés bajo por un largo periodo de tiempo. En otras palabras, mediante la guía prospectiva el banco central le comunica al público que la política monetaria expansiva va a ser duradera con la intención de que incorporen a sus previsiones económicas las consecuencias de esta decisión.

⁷⁶⁵ El banco central puede llegar a perder credibilidad si el contexto económico es claramente contrario a la política monetaria anunciada a través de la guía prospectiva. En 2021 los bancos centrales se han resistido a modificar la política monetaria expansiva que han aplicado desde la crisis económico-financiera de 2007-08, a pesar de que la inflación se encontraba en niveles no tolerables. En esta tesitura, el banco central debe tener la capacidad de reconocer que la política monetaria debe adaptarse a la realidad económica, una realidad que no va a cambiar con el simple deseo de las autoridades monetarias. Vid. ELLIOTT, L., "Central Banks have *King Canute* theory of inflation, says Mervyn King", 2021, disponible en <https://www.theguardian.com/business/2021/nov/23/central-banks-have-king-canute-theory-of-inflation-says-former-governor> (última consulta, el 02.06.2022).

Por último, algunos bancos centrales han impuesto a las entidades de crédito que mantienen sus reservas en las cuentas del banco central intereses negativos⁷⁶⁶. De esta manera, los bancos centrales buscan penalizar a los bancos comerciales que dejan de conceder crédito para mantener reservas. No obstante, esta medida se enfrenta al hecho de que un tipo de interés del cero por ciento constituye un límite inferior que no debe sobrepasarse, ya que, en caso contrario, el depositante transformará sus fondos en efectivo para protegerse del descuento. En la práctica, sin embargo, los bancos comerciales suelen asumir el coste que implica esta política⁷⁶⁷, dado que los intereses son únicamente ligeramente negativos⁷⁶⁸.

5. Evolución de la política monetaria

A. Las reglas y la estrategia de política monetaria

Los bancos centrales actuales constituyen el resultado de una evolución histórica no planificada. Entre las características más destacables de las instituciones monetarias modernas se encuentra su previsibilidad y la utilización y comunicación de una estrategia monetaria determinada. Estos atributos, como el resto, son contingentes y solo se han consolidado tras un periodo de reflexión y de práctica que ha avalado este proceder⁷⁶⁹.

La previsibilidad del banco central viene dada por su sometimiento a reglas. Si el banco central no está limitado por una regla, actúa discrecionalmente. La regla implica un compromiso de la autoridad para el futuro; el banco central actuará de una determinada manera previsible en función de los valores que adopten una serie de variables macroeconómicas⁷⁷⁰. En cambio, bajo un

⁷⁶⁶ Concretamente, desde 2014 el BCE ha establecido un interés negativo para el *deposit facilit rate*, esto es, la tasa que aplica a los depósitos que los bancos comerciales mantienen en el banco central. BCE, “Key interest rates”, disponible en https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/key_ecb_interest_rates/html/index.en.html (última consulta, el 02.06.2022).

⁷⁶⁷ Esto no significa que esta política monetaria sea inocua. Los bancos comerciales podrían asumir más riesgos crediticios de los debidos como consecuencia del endurecimiento de las condiciones financieras y financiar así procesos de inversión irracionales que concluyen en crisis financieras como la de 2008. BROWN, B., *The case against 2 per cent inflation*, Palgrave Macmillan, Cham, 2018, pp. 150-151.

⁷⁶⁸ El *deposit facilit rate* no ha roto la barrera del -0,50%. BCE “Key interest...” cit.

⁷⁶⁹ La práctica de la política monetaria siempre ha ido por delante de la teoría. De hecho, en los años 70 del siglo XX no existía conciencia de que la política monetaria debía combatir la inflación. Esto se debía en gran parte a la creencia de que una mayor inflación implicaba necesariamente un mayor crecimiento económico y nivel de empleo. Por lo tanto, correspondía al poder político decidir la relación de equilibrio que debía existir entre la tasa de inflación, por un lado, y el crecimiento y el nivel de empleo, de otro. Posteriormente, la realidad ha demostrado que una elevada inflación puede coincidir con un pobre desempeño económico. Concretamente, un periodo de estancamiento económico y de elevada inflación se produjo en los años setenta del pasado siglo, situación que se conoce como estanflación. KING, M., “Monetary Policy: practice ahead of Theory”, 2005, pp. 1-5, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/speech/2005/monetary-policy-practice-ahead-of-theory> (última consulta, el 03.06.2022).

No obstante, la práctica de los bancos centrales también puede ir en contra del Derecho vigente. Este es el caso de determinadas decisiones del BCE que, o bien carecen de una debida cobertura competencial, o bien infringen directamente las disposiciones del Derecho originario. En ningún caso los bancos centrales tienen legitimidad para recurrir a esta praxis. RUIZ OJEDA, A., “We’ve got a serious pan-European constitutional problem - not just a German one”, 2021, disponible en <https://www.aepda.es/AEPDAEntrada-3274-We> (última consulta, el 30.08.2022).

⁷⁷⁰ El compromiso que implica la regla no debe entenderse en términos absolutos. Los modelos macroeconómicos son imperfectos y se encuentran en continua evolución, de tal manera que una simple aplicación de la regla no puede determinar aisladamente la política monetaria. Por este motivo, los bancos

régimen discrecional, el banco central no asume ningún compromiso acerca de su actuación futura⁷⁷¹. Estrechamente relacionada con esta cuestión se encuentra la independencia de los bancos centrales del gobierno, independencia que contribuye decisivamente a la consecución de la estabilidad de los precios. De esta manera, los legisladores habrían garantizado la no interferencia de los políticos en la ejecución de la política monetaria para dotar de mayor credibilidad al compromiso de mantener una inflación baja⁷⁷². No obstante, se ha de señalar que actualmente la independencia de los bancos centrales se encuentra en entredicho, debido al apoyo de los bancos centrales a la política fiscal de los gobiernos⁷⁷³.

Otro problema es qué tipo de regla vincula a la actuación del banco central. En primer lugar, cabe distinguir entre reglas instrumentales y de objetivos. Las primeras aluden a la modificación de un valor por parte del banco central —típicamente el tipo de interés interbancario— en respuesta a los cambios que experimentan una serie de variables⁷⁷⁴. Por otro lado, la regla de objetivo consiste específicamente en la minimización de una particular *función de coste*⁷⁷⁵. Por último, existe la posibilidad de que el banco central implemente una regla monetaria relativa a un objetivo intermedio. En este último caso, la autoridad monetaria centra sus esfuerzos en obtener un determinado valor para una variable que está altamente correlacionada con el objetivo definitivo, pero que es más fácil de controlar, observar y manipular que el segundo⁷⁷⁶.

centrales adoptan una posición intermedia basada en reglas, pero flexible (*constrained discretion*) que les permite alcanzar un determinado objetivo de inflación en el medio plazo mediante reacciones monetarias sin perjudicar gravemente a otros indicadores macroeconómicos. KING, M., “Monetary Policy: Theory in Practice”, 2000, pp. 5-6, disponible en http://web.stanford.edu/~johntayl/2000_pdfs/Monetary_Policy_Theory_in_Practice_Mervyn_King_Jan-2000.pdf (última consulta, el 03.06.2022).

⁷⁷¹ Los regímenes discrecionales son disfuncionales porque los agentes económicos, conocedores de los incentivos del banco central para crear inflación, incorporan a sus expectativas la posibilidad de que las autoridades creen inflación para estimular la actividad económica. De esta manera, el “equilibrio”, esto es, el estado de la economía como resultado de esta política monetaria, se caracteriza por una alta tasa de inflación que no tiene un impacto positivo en la economía.

El seguimiento de una regla, en cambio, permite alcanzar una situación de equilibrio con baja inflación. No obstante, subsiste la amenaza de que el banco central decida abandonar súbitamente la regla para generar una inflación no prevista con impacto positivo en el crecimiento económico y en el empleo, acción que situará al banco central bajo un régimen discrecional en el futuro. BARROW, R.J. “Rules vs discretion”, *NBER Working Paper Series*, N 1473, (1984), pp. 2-9.

⁷⁷² La autonomía se ha convertido en una característica común de los bancos centrales a partir del caso neozelandés. Esto se ha debido a que los pobres resultados en materia monetaria del banco central de Nueva Zelanda, obligado a aplicar las directrices del gobierno hasta la progresiva reforma de su estatuto jurídico, ha dado lugar a un periodo de baja inflación y de crecimiento económico tras el reconocimiento de su independencia y la fijación de la estabilidad de los precios como objetivo prioritario. Concretamente, la independencia del banco central neozelandés ha mostrado su éxito debido a que ha impedido una relajación excesiva de la política monetaria en periodo de elecciones, una época muy proclive para la expansión monetaria cuando el banco central no dispone de autonomía. WOOD, G., “A Pioneer Bank in a Pioneers’ Country”, *Central Banking*, Vol. 5, N 1, (1994), pp. 70-71.

⁷⁷³ RUIZ OJEDA, “Monetización del déficit público...”, cit., pp. 377-383.

⁷⁷⁴ La Regla de Taylor constituye un caso de regla instrumental, ya que se prescribe un determinado tipo de interés interbancario en respuesta a los cambios que experimentan determinadas variables macroeconómicas. SVENSSON, L.E.O., “Inflation targeting as a monetary policy rule”, *NBER Working Paper Series*, N 6790, (1998), pp. 5-6.

⁷⁷⁵ Se trata de una definición general de SVENSSON. SVENSSON, cit., p. 8.

En un lenguaje menos técnico, se trata de un ejercicio matemático consistente en hallar el valor del tipo de interés que permita reducir al mínimo la desviación del objetivo de inflación.

⁷⁷⁶ SVENSSON, cit., p. 10.

El mejor ejemplo de regla monetaria de objetivo intermedio es la regla de FRIEDMAN o regla de los agregados monetarios. No obstante, también cabría plantear la obtención de un determinado tipo de interés interbancario como un objetivo intermedio. En la práctica, sin embargo, el tipo de interés actúa como una

La regla de política monetaria que mayoritariamente aplican los bancos centrales es el *inflation targeting*. Se trata de una regla monetaria de objetivo que pretende conseguir un determinado nivel de inflación. El banco central deberá fijar un tipo de interés que minimice la desviación del alza de los precios del objetivo numérico. La adopción de esta regla monetaria implica, entre otros extremos, que el banco central debe comunicar al público el nivel de subida de los precios pretendido en el medio plazo y hacer públicas sus previsiones de inflación⁷⁷⁷. En consecuencia, el público podrá prever las futuras acciones del banco central y formarse sus expectativas⁷⁷⁸. Se ha de señalar que el banco central intenta alcanzar el objetivo de inflación pretendido directamente con la fijación del tipo de interés, esto es, se prescinde de utilizar un objetivo intermedio para conseguir el objetivo pretendido⁷⁷⁹. En cualquier caso, cabe destacar que la cantidad de dinero no se utiliza en esta regla, de tal manera que se descarta cualquier prescripción que provenga de la Teoría Cuantitativa del Dinero.

Antes de la consolidación del *inflation targeting* como guía monetaria predominante, los bancos centrales utilizaron la Regla de Friedman en respuesta al pobre desempeño de una política monetaria discrecional y no independiente durante la década de los setenta del pasado siglo. Se trata de una prescripción de objetivo intermedio propuesta por el economista M. FRIEDMAN que trata de determinar un nivel de agregados monetarios consistente con una economía que disfruta de crecimiento económico y estabilidad de precios. El objetivo intermedio viene dado por un determinado nivel de agregados monetarios o cantidad de dinero en circulación, el cual influye directamente en el nivel general de precios y en la fijación de la renta nacional nominal⁷⁸⁰. Recuérdese que la ecuación cuantitativa del dinero establece un vínculo directo, dada la estabilidad de la velocidad de circulación del dinero, entre la cantidad de dinero, el nivel general de precios y las transacciones realizadas. El banco central que sigue este sistema priorizará el control de los agregados monetarios sobre la manipulación del tipo de interés interbancario⁷⁸¹.

variable operativa, esto es, como un valor que los bancos centrales modifican directamente con sus instrumentos de política monetaria para tratar de influir en el objetivo definitivo.

Con una regla de objetivo intermedio la transmisión de la política monetaria tiene lugar en dos niveles o fases. En primer lugar, los instrumentos de política monetaria influyen en la variable operativa en un primer momento. En segundo lugar, la variable operativa permite alcanzar el objetivo intermedio, que a su vez determina la consecución del definitivo. CUADRADO ROURA, cit., pp. 292-296.

⁷⁷⁷ MISHKIN, cit., pp. 444-445.

⁷⁷⁸ Si el nivel de inflación se encuentra por encima del objetivo, los agentes económicos pueden esperar una subida próxima del tipo de interés. Si, en cambio, la inflación es inferior a la pretendida, cabe pronosticar una bajada cercana de la tasa de interés. El banco central consigue de esta manera manejar las expectativas de los agentes económicos.

⁷⁷⁹ CUADRADO ROURA, cit., pp. 302-305.

⁷⁸⁰ Hay dos maneras de estimar si M3 tiene valores apropiados. En primer lugar, cabe hallar un valor de M3 consistente con la estabilidad de precios, habida cuenta del objetivo de inflación, el crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) real y la velocidad de circulación del dinero, y compararlo con el aumento real de M3. En segundo lugar, cabe hallar un valor de M3 que corresponda con la renta nacional nominal y la velocidad de circulación del dinero.

SCHWARTZ GIRÓN, P., CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., “Developments in the real estate sector in relation with monetary policy”, 2007, pp. 1-2, disponible en <https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/178681/20071220ATT16955EN.pdf> (última consulta, el 03.06.2022).

⁷⁸¹ Propiamente, los instrumentos de la política monetaria “convencionales” son las operaciones de mercado abierto, el tipo de interés que los bancos centrales aplican a los bancos comerciales cuando actúan como *prestamista de última instancia* o tasa de descuento y la determinación de las reservas obligatorias. En los últimos tiempos también habría que añadir el pago de intereses a las reservas voluntarias que las entidades de crédito mantienen en el banco central y el resto de las políticas monetarias “no convencionales”. Mediante estos instrumentos se modifica una variable operativa o *policy instrument* (la terminología varía según los autores) que permitirá al banco central influir sobre un objetivo intermedio o directamente sobre el definitivo. La variable operativa principal con la regla del *inflation targeting* es el tipo de interés, mientras que el sistema propuesto por M. FRIEDMAN centra su atención en la base monetaria inyectada por el banco central. MISHKIN, cit., pp. 460-463.

Por último, se ha de señalar el significado y la importancia del concepto de estrategia de política monetaria. El concepto alude al marco institucional e intelectual que la autoridad monetaria utiliza para tomar una decisión de política monetaria y comunicarla al público. El hecho de que el banco central sea transparente resulta esencial para que el público conozca la regla monetaria que el banco central aplica y la previsibilidad de la política monetaria⁷⁸². Por tanto, el concepto de estrategia de política monetaria comprende tanto el seguimiento de una regla como la aplicación de una determinada política de comunicación⁷⁸³.

B. De una estrategia de política monetaria basada en la cantidad de dinero a la desaparición del dinero de los modelos de los bancos centrales. El caso del BCE

La estrategia de política monetaria que el BCE ha adoptado desde su fundación es difícil de clasificar⁷⁸⁴. Esto se debía a que el BCE optó por un enfoque mixto, consistente en una estrategia monetaria de “dos pilares”⁷⁸⁵. El primer pilar, el monetario, tenía por objeto los agregados monetarios, mientras que el llamado pilar económico seguía a otras variables económicas con incidencia en el nivel general de precios. Originalmente, el BCE entendía que los agregados monetarios constituyen el elemento determinante de la estabilidad de precios en el medio y largo plazo, mientras que la inflación a corto plazo debía explicarse por otra serie de factores económicos que recogería el segundo pilar⁷⁸⁶.

Sin embargo, esta estrategia mixta que otorgaba una importancia considerable a la Teoría Cuantitativa del Dinero fue revisada en 2003. Como resultado de dicha revisión, se produjeron dos cambios sustanciales. En primer lugar, se concretó la definición de estabilidad de precios mediante la especificación de que la tasa anual de inflación medida con el Índice Armonizado de Precios al Consumidor debía situarse “por debajo, pero cercana al 2%”⁷⁸⁷. En segundo lugar, se

⁷⁸² La transparencia facilita la transmisión de la política monetaria. Piénsese en la importancia de la comunicación para la eficacia de la regla monetaria del *inflation targeting*. El banco central solo puede intervenir directamente sobre el tipo de interés interbancario. No obstante, esto no afecta por sí solo a las transacciones económicas que tienen lugar fuera del mercado de reservas bancarias. En cambio, la formación de expectativas contribuye a que las decisiones de la política monetaria sobre el tipo de interés interbancario se transmitan a otros elementos que sí influyen directamente sobre la economía real, como el tipo de interés que las entidades de crédito aplican al crédito concedido o el precio de los activos. La formación de expectativas no podría darse si los bancos centrales no son transparentes acerca de la ejecución de la política monetaria. BLINDER, A., *The Quiet Revolution*, Yale University Press, New Haven, 2004, pp. 10-11.

⁷⁸³ Cabe que la estrategia de política monetaria consista en la adopción de una política discrecional, no sometida a reglas, en la que no se contempla la comunicación de las decisiones con el público. También existe la posibilidad de que internamente el banco central se autolimite mediante el seguimiento de alguna regla de política monetaria, pero sin llegar a comunicar con claridad el sentido de sus decisiones al público. Un ejemplo de este último caso vendría dado por la estrategia de la FED conocida como *The Fed's “just do it” monetary policy strategy*, que constituía una suerte de *inflation targeting* sin transparencia. MISHKIN, cit., p. 451.

⁷⁸⁴ Oficialmente, se descartó el seguimiento explícito de reglas que tienen como objetivo un determinado nivel de inflación o de agregados monetario (*inflation targeting* y *monetary targeting*, respectivamente). ISSING, O., “Encompassing monetary policy strategy review”, *SAFE White Paper*, N 68, (2020), p. 2.

⁷⁸⁵ Entiendo que cabe sustituir la palabra “pilar” por “regla de política monetaria”.

⁷⁸⁶ Existe cierto retardo en la transmisión de la política monetaria. Por este motivo, la relación entre la cantidad de dinero y el nivel general de precios solo es evidente en el medio y largo plazo. No obstante, el BCE daba por cierta la existencia de este inexorable vínculo entre la cantidad de dinero y el nivel general de precios. ISSING, O., “The monetary pillar of the ECB”, 2005, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2005/html/sp050603.en.html> (última consulta, el 04.06.2022).

⁷⁸⁷ El 2 por ciento constituía un límite superior que obligaba a considerar cualquier fluctuación por encima de este techo como una desviación no permitida. Por este motivo, los autores partidarios de la política monetaria expansiva plantean la necesidad de una nueva definición de estabilidad de precios “simétrica”, esto es, que permita a la inflación fluctuar por encima y por debajo del nivel del 2 por ciento. WYPLOSZ, cit. p. 10.

dejó de publicar el “valor de referencia” para la tasa de crecimiento de M3 compatible con la estabilidad de precios⁷⁸⁸. El motivo de esta segunda decisión se encontraba en que los valores de M3 reales eran muy superiores a los recomendados por el valor de referencia y a que la inflación, medida con el mencionado índice de precios, se encontraba dentro de los límites permitidos por la definición de estabilidad de precios⁷⁸⁹. Oficialmente, la revisión de 2003 no eliminó el pilar monetario de la estrategia del BCE. No obstante, en la práctica, el BCE ha dejado de considerar a los agregados monetarios como un elemento relevante para la política monetaria, de ahí que un sector de la doctrina se haya mostrado en favor de suprimir formalmente el pilar monetario⁷⁹⁰.

En la última revisión de 2021, el BCE no ha abandonado oficialmente el pilar monetario, pero confirma que la persistente baja inflación ha provocado que en la práctica haya aplicado una estrategia monetaria de *inflation targeting*⁷⁹¹. Asimismo, el BCE ha anunciado la incorporación de elementos en su estrategia que le permiten relajar aún más si cabe la política monetaria para apoyar el crecimiento económico⁷⁹².

No obstante, la revisión de 2003 conllevó consecuencias perniciosas. Así, aunque los años que precedieron a la crisis económica-financiera no estuvieron marcados por una subida de la inflación de acuerdo con el IPC, el precio de los activos no incluidos en dicho índice sí experimentaron una revalorización significativa⁷⁹³. El descuido del BCE en la supervisión de los agregados monetarios favoreció así la principal causa de la crisis económico-financiera de 2007-08: la burbuja inmobiliaria. Posteriormente, la Eurozona consiguió capear la crisis económica en un primer momento con el apoyo extraordinario de liquidez del BCE al sector financiero. No obstante, la carencia de una adecuada estrategia de política monetaria impidió a las autoridades de la UE prever los efectos económicos que tendría la contracción monetaria que provocó el

⁷⁸⁸ CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., “A rule-based monetary strategy for the European Central Bank: a call for monetary stability”, *SUERF Policy Note*, N 192, (2020), p. 2.

Recuérdese que la Regla de Friedman establecía la necesidad de comparar la tasa de crecimiento real de M3 con este valor de referencia para dilucidar si la cantidad de dinero es compatible con la estabilidad de precios.

⁷⁸⁹ SCHWARTZ GIRÓN, CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, cit., p. 2.

⁷⁹⁰ GROS, D., CAPOLONGO, A., “The Two-pillar Strategy of the ECB: Ready for a Review”, 2019, p. 19, disponible en https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/190500/PE%20642.362%20CEPS%20final_publication%20vs2-original.pdf (última consulta, el 04.06.2022).

⁷⁹¹ “Declining trend growth, which can be linked to slower productivity growth and demographic factors, and the legacy of the global financial crisis have driven down equilibrium real interest rates. This has reduced the scope for the European Central Bank (ECB) and other central banks to achieve their objectives by *exclusively relying on changes in policy interest rates*”.

BCE, “The ECB’s monetary policy strategy statement”, 2021, p. 1, disponible en https://www.ecb.europa.eu/home/search/review/pdf/ecb.strategyreview_monpol_strategy_statement.en.pdf (última consulta, el 04.06.2022).

Sin embargo, cabe recordar que el BCE se ha visto obligado a utilizar políticas monetarias no convencionales para estimular la demanda agregada ante la imposibilidad de bajar significativamente los tipos de interés por debajo del cero por ciento.

⁷⁹² En concreto, la eliminación del dos por ciento de inflación como límite que la subida de precios no debe superar. Esto permite, dado que el horizonte temporal del objetivo de inflación es a medio de plazo, que la persistente baja inflación experimentada desde 2007 hasta 2020 se utilice para compensar la actual alza de los precios a los efectos de evitar un endurecimiento de la política monetaria. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, “A rule-based monetary strategy...”, cit., p. 7.

No obstante, se ha de señalar el acierto del BCE al señalar en su revisión la necesidad de incluir en el IPC que se utiliza para medir cuantitativamente la inflación los costes de la vivienda. BCE, “The ECB’s monetary policy strategy...”, cit., p. 1.

⁷⁹³ Los excesos de liquidez pueden manifestarse en el mercado de bienes y servicios incluidos en el IPC o en el mercado de activos como las acciones y los bienes inmuebles. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., CONGDON, T., “Have central banks forgotten about money?” en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 113-114.

endurecimiento de la regulación prudencial del sector financiero con las Normas de Basilea III⁷⁹⁴. De hecho, la recuperación económica en la Eurozona solo se produjo con el aumento de la cantidad de dinero mediante la implementación del QE por parte del BCE⁷⁹⁵.

Por último, la ausencia del dinero en la estrategia de política monetaria de los bancos centrales les ha impedido prever la reaparición de la inflación como consecuencia de la respuesta fiscal y monetaria a la crisis económica y sanitaria que planteó el Covid-19⁷⁹⁶.

En conclusión, los bancos centrales deben recuperar en sus estrategias de política monetaria la Regla de Friedman para lograr la estabilidad de los precios en el medio y largo plazo. Esto implicaría que las autoridades monetarias centren sus esfuerzos en controlar como objetivo intermedio una tasa de crecimiento de M3 que resulte compatible con el crecimiento económico y la estabilidad de los precios⁷⁹⁷.

⁷⁹⁴ La caída de los agregados monetarios vino seguida de una aguda depreciación del precio de los activos que habían experimentado una fuerte revalorización durante la expansión económica. Lógicamente, la relación entre estos hechos no puede suponer una simple coincidencia. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, CONGDON “Have central banks forgotten...”, cit., p. 117.

⁷⁹⁵ Aunque el QE haya permitido reflotar la economía, lo cierto es que su prolongación en el largo plazo en sustitución del crecimiento monetario mediante la expansión crediticia también ha conllevado efectos perniciosos. En particular, la política monetaria acomodaticia ha eliminado los incentivos de los Estados para hacer las reformas necesarias que equilibren sus presupuestos públicos. RUIZ OJEDA, “monetización del déficit público...” cit., p. 383.

Acerca de la eliminación de los incentivos de los Estados miembros para emprender las reformas oportunas, se ha de señalar que la UE dispone de un mecanismo que fomenta la responsabilidad fiscal: el Mecanismo Europeo de Estabilidad. Se trata de un instrumento de asistencia financiera que sigue el modelo establecido por el FMI en cuanto a la exigencia de la suscripción de un plan de reformas que el Estado deberá ejecutar y la implementación de la ayuda a través de un préstamo con un “margen apropiado”, o tipo de interés penalizador según TIRADO MARTÍ. No obstante, este autor critica a este mecanismo porque no impone sacrificios a los acreedores cuando el gasto público se ve sujeto a fuertes ajustes. En su lugar, propone desarrollar un procedimiento de insolvencia aplicable a los Estados miembros de la eurozona. TIRADO MARTÍ, I., “Mecanismos actuales de la UE para enfrentar la insolvencia soberana. Un análisis normativo tomando como referencia a los principios de la UNCTAD”, en C. ESPÓSITO MASSICI, Y. LI y J. P. BOHOSLAVSKY (coords.), *Deuda pública y derecho internacional*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2015, pp. 369-371 y 392-393 (de la versión disponible en Tirant Online).

⁷⁹⁶ A diferencia del QE implementado en respuesta a la crisis financiera del 2007-08, el dinero de nueva creación de 2020 ha inundado la economía real. En particular, las revalorizaciones extraordinarias que han experimentado los índices bursátiles han permitido que los agentes económicos dispongan de nuevos saldos monetarios para gastar en la economía real gracias a las plusvalías obtenidas en los mercados de valores. RUIZ OJEDA, A., “EU policy responses to Covid-19: effects on money growth, inflation, and spending”, pp. 5-6, disponible en <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/21836/Policy%20responses%20to%20Covid-19%20%28Essay%20Alberto%20Ruiz-Ojeda%29%20FV.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (última consulta, el 04.06.2022).

⁷⁹⁷ Así, conforme a la ecuación cuantitativa, para asegurar un crecimiento del PIB nominal de entre el tres y el cuatro por ciento con una estabilidad de precios definida como una tasa de inflación que fluctúa entre el uno y medio y el dos por ciento, hay que verificar que el crecimiento de M3 se encuentra en una franja de entre el cuatro y el cinco por ciento. Castañeda Fernández, “A rule-based monetary strategy...”, cit., p. 14.

CAPÍTULO V. CRIPTOMONEDAS

1. Delimitación de las criptomonedas en el ecosistema DLT

A. Valor intrínseco de las criptomonedas y apuntes económicos y jurídicos

Actualmente existe una multitud de unidades monetarias que circulan bajo la denominación de criptomonedas o monedas virtuales. La infraestructura tecnológica que da soporte a estas divisas es tan dispar que únicamente cabe identificar como elementos comunes a todas las criptomonedas el hecho de ser digitales, servir —sin perjuicio de que la finalidad especulativa prevalezca en algunas monedas virtuales— como medio de pago y el uso de criptografía para asegurar la seguridad de las transacciones⁷⁹⁸. Respecto a Bitcoin, como caso paradigmático de criptomoneda y sistema monetario competidor del dinero fiduciario convencional, cabe concluir que constituye una moneda virtual que permite la realización de transacciones en línea denominadas en una unidad de cuenta propia, la de Bitcoin. Las transacciones de Bitcoin se anotan en el historial del registro homónimo⁷⁹⁹.

Otra polémica relativa a las criptomonedas se produce en relación con su valoración. Los escépticos de las criptomonedas señalan que las monedas virtuales privadas no poseen ningún valor intrínseco⁸⁰⁰, a pesar de que su precio en el mercado haya experimentado una revalorización completamente imprevista por los críticos⁸⁰¹. La cuestión es que las criptomonedas no pueden valorarse como patrimonios o empresas⁸⁰², porque su naturaleza económica es la propia del dinero⁸⁰³. Esto implicará que el valor de las criptomonedas venga principalmente determinado por el hecho de que los operadores económicos consideren que podrán utilizar las unidades de la moneda virtual como medio de extinción de deudas monetarias en futuras transacciones económicas⁸⁰⁴.

Ahora bien, ¿qué clase de dinero es una criptomoneda? De acuerdo con la clasificación de MISES, cabe distinguir entre dinero-mercancía, dinero-signo y dinero-crédito⁸⁰⁵. Desde el punto de vista

⁷⁹⁸ REMOLINA LEÓN, N., “Criptomonedas” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, p. 241.

⁷⁹⁹ *Ibid.*

⁸⁰⁰ La presidenta del BCE, C. LARGARDE, ha declarado que Bitcoin no “vale nada”. BROWNE, R., “Christine Lagarde says crypto is worth nothing”, 2022, disponible en <https://www.cnbc.com/2022/05/23/ecb-chief-christine-lagarde-crypto-is-worth-nothing.html> (última consulta, el 06.06.2022).

⁸⁰¹ Ciertamente, en las finanzas una idea básica consiste en que valor y precio son nociones distintas. En efecto, el precio es la cantidad de dinero que un comprador está dispuesto a pagarle a un vendedor por algo, mientras que el valor hace referencia al resultado de un proceso de evaluación de la capacidad generadora de riqueza de un patrimonio o empresa. JIMÉNEZ NAHARRO, F., DE LA TORRE GALLEGOS, A., *Valoración de empresas y análisis bursátil*, Ediciones Pirámide, Madrid, 2017, pp. 16-17.

⁸⁰² En el caso de las empresas, la valoración implica un proceso lógico que persigue determinar un valor normal, realista o de mercado que constituya una referencia para el inversor. De esta manera, el inversor no pagará un precio que resulte desproporcionado en relación con el valor de referencia. Concretamente, esta valoración implica realizar un pronóstico sobre los resultados financieros futuros de una empresa. JIMÉNEZ NAHARRO, DE LA TORRE GALLEGOS, cit., pp. 17-22.

⁸⁰³ El dinero no tiene como función generar flujos de caja que permitan al inversor obtener cierto retorno.

⁸⁰⁴ Sigo aquí una vez más a GLEESON. GLEESON, cit., pp. 22-23.

Solo cuando el bien se acepta por terceros como medio de extinción de deudas puede considerarse que el objeto o la representación en cuestión constituye dinero. En cambio, el poder adquisitivo del dinero y su utilidad a lo largo del tiempo como reserva de valor dependerá de la tasa de crecimiento de su oferta y de su demanda. Así, la divisa que tiene un suministro limitado tiende a revalorizarse, mientras que el dinero que es fácil de producir porque no es escaso tiende a depreciarse y a perder su utilidad como reserva de valor. AMMOUS, S., *The Bitcoin Standard*, Wiley, Nueva York, 2018, pp. 5-6.

⁸⁰⁵ MISES, cit., p. 34.

del *common law*, las criptomonedas pueden considerarse como una propiedad⁸⁰⁶, de ahí que encajen en la categoría de dinero-mercancía. Asimismo, este dinero-mercancía puede utilizarse por parte de entidades de crédito para captar depósitos y aplicar un sistema de reserva fraccionaria que permita multiplicar la cantidad de dinero bancario de monedas virtuales a partir de una cuantía inicial de reservas de criptomonedas⁸⁰⁷. No obstante, en este caso se ha de valorar el riesgo de que el banco central no pueda, o bien actuar como prestamista de última instancia para impedir una crisis financiera, o bien evitar una crisis deflacionaria mediante la inyección de liquidez en forma de base monetaria⁸⁰⁸.

Cabe apuntar respecto del Derecho español que las unidades monetarias de Bitcoin deben considerarse bienes muebles intangibles o derechos patrimoniales sobre los que pueden recaer derechos reales, es decir, también deben reputarse como una propiedad o dinero-mercancía⁸⁰⁹.

B. Sistemas monetarios de criptomonedas: un enfoque universal y sectorial

a. Nota introductoria sobre la posibilidad de prescindir de los bancos centrales

SATOSHI NAKAMOTO incorporó al bloque génesis de Bitcoin un mensaje significativo:

“The Times 03/Jan/2009 Chancellor on brink of second bailout for banks”⁸¹⁰

⁸⁰⁶ La propiedad en un registro DLT consiste en figurar como titular de un determinado *token* o moneda virtual en una anotación del libro de contabilidad compartido con la posibilidad de transferir dicho activo. GLEESON, cit., p. 165.

⁸⁰⁷ GLEESON destaca cómo las entidades de crédito están dispuestas a recibir depósitos de cualquier tipo de divisa, siempre que el depositante esté dispuesto a entregar las reservas correspondientes a dicho depósito. GLEESON, cit., p. 110.

Piénsese en la existencia de los eurodólares.

Los depósitos bancarios de criptomonedas constituirían un nuevo caso de dinero-crédito.

⁸⁰⁸ Por este motivo, M. FRIEDMAN, con la regla del incremento de la masa monetaria en un determinado porcentaje o Regla de Friedman, pretende que la tasa de crecimiento de la oferta monetaria genere únicamente una inflación moderada. No obstante, es cierto que esto significa que FRIEDMAN defiende así un crecimiento continuo de la inflación mediante el aumento constante de la cantidad de dinero a una tasa determinada.

Algunos autores pertenecientes a la Escuela Austríaca de Economía, no obstante, no consideran que la deflación causada por el ciclo económico debe combatirse, ya que la recesión tendría el efecto positivo de eliminar las malas inversiones que se han producido en la fase previa de bonanza económica. HERBENER, J., “A critique of monetarism”, 2017, pp. 17-18, disponible en <https://austrianstudentconference.com/wp-content/uploads/2018/02/ASSC-2018-Place-Jackson.pdf> (última consulta, el 11.07.2022).

Sin embargo, cabe dudar de que políticamente resulte factible que las autoridades permitan esta reasignación de recursos, debido al coste político que conllevaría la necesaria caída de la producción y aumento del desempleo.

⁸⁰⁹ ASENSIO BORRELLAS propone entender a la unidad de Bitcoin como un derecho patrimonial sobre el que pueden recaer derechos reales. Este autor se apoya en el art. 511-1 del libro quinto del Código Civil de Cataluña. Este dispone que “Se consideran bienes las cosas y los derechos patrimoniales”.

Vid. ASENSIO BORRELLAS, cit. y Ley 5/2006, de 10 de mayo, del libro quinto del Código Civil de Cataluña, relativo a los derechos reales (“DOGC” núm. 4640, de 24.05.2006 y “BOE” núm. 148, de 22.06.2006).

Asimismo, cabe defender la noción del Bitcoin como bien intangible con fundamento en el Derecho civil común. El fundamento se encuentra en que el Cc considera “bien” a todos los elementos que resultan susceptibles de apropiación (art. 333 Cc).

Cabe concluir que la unidad de Bitcoin lo es en virtud del control que se ejerce sobre esta a través de la clave privada.

En primer lugar, es pacífico afirmar que este mensaje sirve para vincular el minado del bloque génesis de Bitcoin a una fecha concreta⁸¹¹. No obstante, también resulta razonable considerar que la elección de este titular no es aleatoria; Bitcoin no se limita a constituir un nuevo medio de pago descentralizado, entraña un sistema monetario ajeno a cualquier banco central y que cuestiona la llamada “soberanía monetaria”.

En el capítulo anterior, dedicado entre otras cuestiones a un análisis rudimentario de la política monetaria, se ha abogado por la recuperación de una estrategia de política monetaria que incorpore la Teoría Cuantitativa del Dinero como marco intelectual y metodológico desde el que adoptar las decisiones de política monetaria y su comunicación al público. Sin embargo, y a pesar de que ya se ha explicado que las funciones de los bancos centrales han evolucionado con el transcurso del tiempo, cabe plantear que los bancos centrales no asuman el monopolio de la emisión de la base monetaria. Un sector relevante de economistas adscritos a la Escuela Austriaca de Economía defiende esta propuesta. De esta manera, el banco central perdería la capacidad para influir en los tipos de interés, que quedarían determinados exclusivamente por parte de los oferentes y demandantes de financiación, y para producir inflación mediante la emisión de base monetaria⁸¹². La aparición de Bitcoin recuerda que, efectivamente, existen alternativas de dinero privado a los sistemas monetarios soberanos.

La oposición a la intervención del banco central en el dinero se debe a la teoría austriaca del capital y del ciclo económico. De acuerdo con esta, el origen de los ciclos y de las recesiones económicas se encuentra en las manipulaciones monetarias del tipo de interés⁸¹³. Una de las propuestas más importantes que se derivan del análisis anterior consiste en desechar el sistema de reserva fraccionaria, de tal manera que la financiación de la actividad productiva tenga que venir dada estrictamente por el previo ahorro de los agentes económicos⁸¹⁴.

No obstante, en primer lugar, se ha de indicar que la atribución de la responsabilidad del ciclo y las recesiones económicas al sistema de reserva fraccionaria podría provocar el efecto no

⁸¹¹ CONNOR, M., “The mystery of the Genesis block”, 2021, disponible en <https://coingeek.com/the-mystery-of-the-genesis-block/#:~:text=The%20Genesis%20block%20is%20shrouded,it%20to%20January%203%2C%202009> (última consulta, el 06.06.2022).

⁸¹² AMMOUS destaca cómo el monopolio del banco central y la necesidad de expandir la oferta monetaria constituye un axioma para la mayoría de las escuelas de pensamiento económico. AMMOUS, cit., pp. 136-137.

⁸¹³ La reducción del tipo de interés provoca un aumento de la demanda empresarial de bienes de capital, es decir, de factores productivos que se utilizan para producir bienes de consumo finales a lo largo de varias fases productivas. Esto se debe a que artificialmente se consigue que determinadas inversiones sean rentables gracias a la reducción del coste de la financiación. El incremento de la demanda de estos bienes no viene acompañado de un correlativo aumento de su oferta, ya que no se han liberado recursos procedentes de la producción de bienes de consumo. El resultado es una subida del precio de los bienes de capital. Asimismo, y aunque intervienen otros factores que se omiten de esta explicación sintética, el precio de los bienes de consumo también aumenta, principalmente por el hecho de que no ha existido una previa contención de su demanda en virtud del ahorro. En definitiva, las empresas que actúan en las etapas de producción más alejadas del consumo comprenden que sus inversiones ya no son rentables, debido al mejor desempeño de los bienes de consumo en relación con los de capital. La reconversión del sector productivo conlleva entrar en recesión debido a la disminución de la producción, aumento del desempleo, etc. HUERTA DE SOTO, “Dinero, crédito bancario...” cit., pp. 277-305.

⁸¹⁴ De acuerdo con HUERTA DE SOTO, no es posible gestionar el riesgo de liquidez que propicia el sistema de reserva fraccionaria mediante la técnica aseguradora de la ley de los grandes números. Las corridas bancarias constituyen una consecuencia de la acción humana, que no es asegurable en la medida en que no constituye un fenómeno objetivo sujeto a las leyes de la probabilidad (como lanzar una moneda al aire y ver si sale cara o cruz). HUERTA DE SOTO, “Dinero, crédito bancario...” cit., pp. 305-306.

intencionado de aumentar el protagonismo de los bancos centrales en la gestión del dinero⁸¹⁵. En segundo lugar, cabría objetar que incluso un sistema de banca de libre con reserva fraccionaria, donde no existe un banco central que asuma expresamente la función de prestamista de última instancia, puede llegar a favorecer el crecimiento económico con estabilidad monetaria y financiera⁸¹⁶. En tercer lugar, un sector bancario de reserva fraccionaria, ya sea dirigido por un banco central o que opere en un sistema de banca libre, que disminuya el tipo de interés también proporciona ganancias sociales, porque el aumento de la inversión en capital conlleva un incremento de los estándares de vida⁸¹⁷.

Más allá del debate sobre la conveniencia de la reserva fraccionaria y el monopolio de la emisión de la base monetaria por el banco central, las criptomonedas ponen de manifiesto la posibilidad de que exista competencia entre los sistemas monetarios. Por otro lado, la aparición de las criptomonedas no tiene por qué cambiar las bases de la política monetaria⁸¹⁸. Sin embargo, la competencia que plantean las criptomonedas sí puede suponer una amenaza para la eficacia de la política monetaria de los bancos centrales que obligue a estas autoridades monetarias a replantear la estrategia de política monetaria que llevan a cabo⁸¹⁹.

b. Bitcoin como criptomoneda con un enfoque universal

Más adelante se estudiarán las características de Bitcoin como sistema monetario y sus beneficios e inconvenientes como alternativa al dinero fiduciario de los bancos centrales. Por el momento, únicamente se tratará la cualidad de Bitcoin como “moneda universal”.

Mediante esta calificación se trata de señalar que Bitcoin no está vinculado con ninguna plataforma digital en concreto. Su vocación, por tanto, es convertirse en el dinero de cualquier índole de transacción económica⁸²⁰. La admisión de Bitcoin como medio de pago dependerá así

⁸¹⁵ Así, otro de los críticos con el sistema de reserva fraccionaria, el ex gobernador del Banco de España M.A. FERNÁNDEZ ORDÓÑEZ, defiende como alternativa al modelo financiero actual que el público pueda depositar sus ahorros en cuentas del banco central y este emitir dinero en formato digital para todos los operadores económicos HUERTA DE SOTO, J., “Reseña del libro Adiós a los bancos. Una visión distinta del dinero y la banca”, *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política*, Vol. 17, N 2, (2020), pp. 489-490.

⁸¹⁶ En este sentido, se ha llegado a recomendar un sistema de banca libre con reserva fraccionaria para las economías emergentes con motivo del éxito de la experiencia histórica del caso escocés de banca libre durante los siglos XVIII y XIX. KROSZNER, R., “Free Banking: the Scottish Experience as a Model for Emerging Economies”, *World Bank Group Policy Research Working Paper*, N 1536, (1995), pp. 18-20.

⁸¹⁷ El retorno de las entidades de crédito puede permanecer constante, a pesar de que disminuya el tipo de interés que imputan a los préstamos que conceden, siempre que se reduzcan proporcionalmente los ratios de capital y liquidez que estas empresas financieras deben mantener para gestionar los respectivos riesgos de insolvencia y de liquidez. La presencia de un banco central, teóricamente, contribuye a aminorar esos ratios, aunque se ha de indicar que las Normas de Basilea III habrían cercenado en parte este beneficio. CONGDON, T., *Central Banking in a Free Society*, Institute of Economic Affairs, Londres, 2009, pp. 72-84.

⁸¹⁸ No obstante, el interés por las innovaciones tecnológicas ha motivado el estudio de la introducción de nuevos instrumentos que sí podrían alterar significativamente el modo en el que opera la política monetaria. Destaca en este sentido la posibilidad de que el banco central emita dinero digital accesible para cualquier operador económico. Más adelante se tratará esta cuestión.

⁸¹⁹ HAYEK plantea que el dinero privado desplazaría al público, tendencialmente inflacionario, en una situación de competencia competitiva. La premisa de esta consecuencia es que el dinero bueno desplaza al malo cuando hay tasas de cambio variables. Se trata de una reformulación de la Ley de Gresham, la cual establece que el dinero malo desplaza al bueno cuando existe una tasa de cambio fija impuesta por ley. HAYEK, cit., pp. 41-43.

⁸²⁰ En el *White Paper* de Bitcoin esta moneda virtual se plantea como una solución universal para el comercio en línea, ya que evita recurrir a intermediarios y elimina la posibilidad de revertir los pagos. Así:

“What is needed is an electronic payment system based on cryptographic proof instead of trust, allowing any two willing parties to transact directly with each other without the need for a trusted third party”.

NAKAMOTO, cit., p. 1.

enteramente de la utilidad que proporcione a sus usuarios frente a otras alternativas, salvo en el caso de que su aceptación como modo de extinción de deudas monetarias venga impuesta⁸²¹. En este sentido, la extensión del uso de una criptomoneda de clase “universal” en un ámbito determinado dependerá de que sus características se adapten en buena medida a unas necesidades económicas determinadas⁸²².

c. Criptomonedas y plataformas: un enfoque sectorial

Las criptomonedas que a estos efectos se califican de “sectoriales” pueden utilizarse como medio de pago al igual que Bitcoin y otras monedas virtuales “universales”⁸²³. No obstante, al contrario que las anteriores criptodivisas, estas criptomonedas también pueden fundamentar su valor en una plataforma con la que se encuentran estrechamente vinculadas.

En efecto, como ya se explicó en el Capítulo segundo, la aparición de Ethereum constituye el segundo hito más importante en la historia de las DLTs justo después del anuncio del *White Paper* de Bitcoin. Es cierto que Ethereum comparte muchos elementos con Bitcoin; no obstante, la red de BUTERIN constituye una *Blockchain programmable*, en el sentido de que ha dado lugar a la formación de un ecosistema distribuido que permite tanto realizar transacciones en una nueva unidad de cuenta, el Ether, como desarrollar aplicaciones descentralizadas de diversa índole⁸²⁴.

De hecho, ANTONOPOULUS y WOOD observan que el Ether puede describirse como una *utility cryptocurrency*, esto es, como una criptomoneda que tiene como principal función utilizarse en

⁸²¹ Incluso en el caso de que Bitcoin disponga del estatus de moneda de curso legal, goce del apoyo gubernamental y el panorama sanitario internacional conmine a las personas a recurrir en mayor medida a los pagos digitales, el uso Bitcoin no se ha extendido significativamente en El Salvador. De acuerdo con el trabajo de campo de ALVAREZ, ARGENTE y VAN PATTEN, Bitcoin no se habría convertido en un medio de cambio generalmente aceptado, a pesar de todos los incentivos estatales. ALVAREZ, F.E., ARGENTE, D., VAN PATTEN, D., “Are cryptocurrencies currencies? Bitcoin as legal tender in El Salvador”, *NBER Working Paper Series*, N 29968, (2022), pp. 2-3.

⁸²² El Salvador habría sufrido un proceso de dolarización que reconoció legalmente. Desde hace años carece de una política monetaria propia y, en consecuencia, de posibles problemas de inflación. Es cierto que las autoridades podían justificar la introducción de Bitcoin en el hecho de que la moneda virtual podría reducir la dependencia de la política monetaria de la FED y los costes de importar dólares estadounidenses. No obstante, la disponibilidad del dólar estadounidense como dinero disminuye considerablemente los posibles beneficios de Bitcoin como moneda de curso legal.

La adopción de Bitcoin como moneda de curso legal casa en mejor medida con la situación de países que sufren procesos de hiperinflación. De ahí que el éxito de Bitcoin, aún por detrás del dólar, haya sido superior en Venezuela que en El Salvador. Criptonoticias, “El mercado de bitcoin en Venezuela no para de crecer y ahora quiere tarjetas físicas”, 2022, disponible en <https://www.criptonoticias.com/entrevistas/mercado-bitcoin-venezuela-no-para-crecer-ahora-quiere-tarjetas-fisicas/> (última consulta, el 07.06.2022).

⁸²³ Las criptomonedas alternativas a Bitcoin se conocen como *altcoins*. Antes de la aparición de Ethereum, los criptoactivos disponibles en el mercado se reducían a las criptomonedas y eran muy similares a Bitcoin, si bien es cierto que trataban de incorporar algunas mejoras respecto de la red canónica de Bitcoin. Ejemplos de estas *altcoins* de primera generación son Pcoin, Primecoin, Freicoin, etc. Estas *altcoins* se enfrentaban al problema de que, en el mercado de las criptomonedas, Bitcoin gozaba de una ventaja competitiva decisiva al disfrutar de los efectos en red de ser la primera moneda virtual. KRAWISZ, D., “The Problem with Altcoins”, 2013, disponible en <https://nakamotoinstitute.org/mempool/the-problem-with-altcoins/> (última consulta, el 07.06.2022).

⁸²⁴ El *White Paper* de Ethereum aclara que la plataforma admite el desarrollo de aplicaciones financieras, semi-financieras (que implican la transferencia de fondos) y no financieras. Entre la variedad de casos de uso de aplicaciones descentralizadas, cabe destacar la creación e implementación de criptoactivos (*tokens*) y derivados financieros; la disposición de sistemas de reputación, identificación y almacenamiento electrónico, y la constitución de DAOs. BUTERIN, V., “A next generation smart contract & decentralized application platform”, 2014, pp. 19-24, disponible en https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf (última consulta, el 08.06.2022).

el marco de las aplicaciones descentralizadas que se constituyen en la red de Ethereum⁸²⁵. Un elemento clave para el desarrollo de las aplicaciones descentralizadas y la creación de criptoactivos son los *smart contracts*⁸²⁶. En concreto, los criptoactivos se desarrollan en *smart contracts* a partir de determinados estándares⁸²⁷.

Al igual que en el caso de Bitcoin respecto de las *altcoins* anteriores a Ethereum, la utilidad de los estándares ERC-20 y ERC-720 como medio de atracción de desarrolladores de aplicaciones descentralizadas permite concluir que Ethereum disfruta de efectos de red frente al resto de criptomonedas cuyo valor se encuentra vinculado a plataformas que admiten la implementación de *smart contracts*⁸²⁸. Este hecho puede atraer la atención de los reguladores, ya que existe un creciente consenso en aplicar a las plataformas digitales con efectos en red la regulación *ex ante* propia de las industrias en red para evitar posibles conductas anticompetitivas contra los terceros desarrolladores⁸²⁹.

No obstante, se ha de indicar que, por el momento, los reguladores han centrado su atención en plataformas digitales no descentralizadas, que pertenecen a grandes empresas⁸³⁰. Recuérdese que las redes *peer-to-peer* no pueden intervenir directamente sin alcanzar a la totalidad de los nodos que hayan descargado el cliente del registro DLT⁸³¹. Esta situación podría cambiar en el caso de que las autoridades consiguiesen implementar el enfoque regulatorio *Law is Code* en plataformas como Ethereum, para lo cual se requiere la colaboración entre autoridades y desarrolladores.

⁸²⁵ ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 1 (versión digital —html— del libro).

⁸²⁶ Toda aplicación descentralizada funciona a partir de un *smart contract*. De hecho, una aplicación descentralizada consiste en un sitio web que opera en virtud de una infraestructura descentralizada, que viene dada por un *smart contract*. ANTONOPOULUS, WOOD, “Mastering Ethereum...”, cit., capítulo 1 (versión digital —html— del libro).

⁸²⁷ Los *tokens* que se desarrollan conforme al protocolo ERC-20, el más utilizado en la industria para crear criptoactivos, son fungibles. Se trata de un estándar de contratos inteligentes que se ejecutan en la red de Ethereum. El marco es lo suficientemente flexible como para que los desarrolladores hayan adoptado masivamente este estándar. Además de su flexibilidad, existen otras razones que explican su uso mayoritario por parte de la comunidad DLT. Así, los desarrolladores pueden ahorrar tiempo y recursos al concentrar sus esfuerzos en el aprendizaje de una única plataforma DLT y disponer de interoperabilidad con el resto de los sistemas basados en el protocolo ERC-20.

Por otro lado, Ethereum también ha desarrollado el llamado protocolo ERC-720. En este caso, el estándar permite el desarrollo de tokens irrepetibles o no fungibles.

FELICITAS MUÑOZ PÉREZ, A., “Criptoactivo, oferta y admisión a negociación” en A. MADRID PARRA, C. PASTOR SEMPERE (Dirs.), M.J. BLANCO SÁNCHEZ y A. CEDIEL (Coords.), *Guía de criptoactivos MICA*, Aranzadi, 2021, pp. 78-79.

⁸²⁸ Existen otras plataformas que permiten el desarrollo de *smart contracts*. Recuérdese el analizado caso de Hyperledger. No obstante, Ethereum goza de una ventaja competitiva al ser la primera de su tipo en aparecer. PAL, N., “Top Smart Contracts Platforms of 2022”, 2022, disponible en <https://www.cronj.com/blog/smart-contracts-platforms/> (última consulta, el 08.06.2022).

⁸²⁹ Los “efectos de red” o “externalidades de red” hacen referencia al aumento del valor de un servicio conforme mayor es el número de usuarios que lo utilizan. Por otro lado, las “industrias en red” constituyen un conjunto de sectores económicos, como las telecomunicaciones, el transporte, la energía y otras actividades, que dependen de una serie de infraestructuras dispuestas en forma de red. Los efectos en red constituían el elemento característico de las industrias en red tradicionales. No obstante, los mercados digitales, a pesar de no disponer de activos físicos, han pasado a tratarse legislativamente como las industrias en red, debido a la importancia que han adquirido en estos los efectos en red y su repercusión en la sociedad. MONTERO PASCUAL, J.J., FINGER, M., *La regulación de las nuevas industrias en red*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2021, pp. 21-22 y MONTERO PASCUAL, J.J., FINGER, M., “La regulación de las plataformas digitales como industrias en red”, *Revista General de Derecho de los Sectores Regulados*, N 9, (2022), pp. 2-3.

⁸³⁰ La Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital (Ley de Mercados Digitales) COM/2020/842 final tiene como objeto plataformas como Google, Facebook, Amazon o Apple. MONTERO PASCUAL, FINGER, cit., pp. 8-9.

⁸³¹ FILIPPI, WRIGHT, cit., p. 43.

En cualquier caso, importa destacar que el uso de las aplicaciones descentralizadas de estas plataformas DLT requiere de la disponibilidad de su criptomoneda nativa. Así, en Ethereum el pago del *gas* que se requiere para ejecutar los *smart contracts* debe hacerse en Ethers y muchos criptoactivos solo pueden adquirirse con esta criptomoneda. Por estos motivos, puede concluirse que el valor de estas criptomonedas “sectoriales” no viene determinado exclusivamente por sus características como medio de pago, sino por la utilidad de los servicios y los efectos de red de las plataformas digitales a las que se encuentran vinculadas.

C. Las *stablecoins* o monedas estables

a. Concepto, características y naturaleza de las monedas estables

Las *stablecoins* o monedas estables constituyen sistemas monetarios que han previsto una serie de mecanismos para eliminar la volatilidad que pueda afectar a su utilidad como dinero⁸³². La presencia de instrumentos de estabilización del precio de la criptodivisa constituye el elemento que determina el hecho de que la moneda virtual constituya o no una *stablecoin*.

Asimismo, cabe profundizar en el estudio de las *stablecoins* mediante dos criterios adicionales. Por un lado, se ha de analizar la (in)existencia de un emisor de las *stablecoins*. De otro, se ha de valorar si concurren sujetos que asuman responsabilidades por la gestión de la estabilización del valor de la *stablecoin*⁸³³. La presencia de emisores y de otros sujetos responsables amplía las posibilidades de intervención de las autoridades sobre las monedas estables⁸³⁴, ya que los poderes públicos podrán declarar la responsabilidad de estas personas ante cualquier incumplimiento sancionable.

Dado que las monedas estables suelen utilizar como mecanismo de estabilización activos custodiados por parte de un gestor responsable, conviene distinguir estas monedas virtuales de otras clases de criptoactivos que representan o incorporan una referencia a un tercer bien. En este sentido, BARRIO ANDRÉS destaca que las *stablecoins* se distinguen de los *tokens* o criptoactivos que representan digitalmente productos, servicios o derechos físicos o virtuales⁸³⁵ porque su función no es otra que la de proporcionar a sus tenedores un medio de pago⁸³⁶.

En cuanto a la calificación de la naturaleza jurídica de las monedas estables, con la excepción de las *stablecoins* que prescinden de las reservas de activos como mecanismo de estabilización, cabe concebir a estas divisas como un supuesto de *investment money* o dinero de inversión⁸³⁷. Ahora bien, como luego se explicará, hay que tener en cuenta que la Propuesta de Reglamento MiCA ha configurado a esta clase de monedas estables como “Fichas referenciadas a activos”, para aquellas

⁸³² BCE, “Stablecoins —no coins, but are they stable?”, *In Focus*, N 3, (2019), pp. 1-2.

⁸³³ BULLMANN, D., KLEMM, J., PINNA, A., “In search for stability in crypto-assets: are stablecoins the solution?”, *Occasional Paper Series*, N 230, (2019), p. 9.

⁸³⁴ BULLMANN et al., cit., p. 10.

⁸³⁵ BARRIO ANDRÉS, M., “Concepto y clases de criptoactivos” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.), *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, p. 59.

⁸³⁶ BARRIO ANDRÉS, cit., p. 58.

⁸³⁷ El llamado “dinero de inversión” viene dado por las participaciones de determinados fondos de inversión privados, tales como fondos del mercado monetario y cotizados, cuya liquidez permite que estos valores puedan utilizarse como medio de pago. En este sentido, cada unidad monetaria de la *stablecoin* representaría una participación en dicho fondo de inversión. En consecuencia, el valor liquidativo del fondo que respalda a la *stablecoin* determina el poder de compra de estas monedas digitales. Asimismo, ADRIÁN y MANCINI-GRIFFOLI descartan la posibilidad de incluir a estas *stablecoins* en el ámbito de aplicación de la normativa de dinero electrónico, ya que su naturaleza jurídica se correspondería con la de un valor referido a un esquema financiero grupal. No obstante, estos autores sí reconocen que estas *stablecoins* coinciden con el dinero electrónico en el hecho de que en ambos casos el tenedor dispone de un derecho de crédito contra un emisor. ADRIÁN, T., MANCINI-GRIFFOLI, T., “The Rise of Digital Money”, *Fintech Notes*, N 1, (2019), pp. 4-5.

stablecoins que se estabilizan en virtud de una reserva compuesta por distintos activos, y “Fichas de dinero electrónico”, para las criptodivisas estables referenciadas al valor de una moneda *fiat* de curso legal.

Cabe establecer una analogía razonable entre las monedas estables y el efectivo de la era de la banca libre. La comparación se establece sobre la base de que en ambos casos existen emisores privados que ofrecen unidades monetarias cuyo valor se apoya en algún tipo de mecanismo de estabilización, principalmente en reservas de activos. En este sentido, una valoración positiva o negativa de las monedas estables depende directamente de la concepción que se tenga sobre la era de la banca libre⁸³⁸.

b. Clases de monedas estables

Seguidamente, se distinguirá entre distintas clases de monedas estables en función del mecanismo de estabilización que emplean para reducir la volatilidad de su unidad de cuenta. Sin embargo, se ha de advertir que cabe clasificar a las *stablecoins* conforme a otros criterios⁸³⁹.

Conforme a esta clasificación basada en el mecanismo de estabilización, constituyen el primer grupo de monedas estables los fondos tokenizados (*tokenised funds*). En este caso, las *stablecoins* constituyen una representación electrónica de los fondos que ha recibido el emisor, es decir, cada unidad monetaria de la divisa estable consiste en una deuda del emisor que el tenedor puede utilizar tanto como medio de pago frente a terceros como para obtener una cantidad nominal de dinero del emisor⁸⁴⁰. El caso más representativo de esta *stablecoin* es Tether. Se trata de un proyecto que pretende representar electrónicamente en un registro distribuido dólares estadounidenses. No obstante, hay que tener en cuenta que el precio de cotización de la unidad monetaria del Tether ha oscilado en relación con el valor del dólar estadounidense⁸⁴¹. Esta

⁸³⁸ GORTON y ZHANG alegan que los operadores económicos deberían dedicar esfuerzos a conocer la solvencia de los emisores de las monedas estables. Esta cautela causa costes de transacción que resultan gravemente perjudiciales para la economía con base en la experiencia histórica de la banca libre en EEUU. Solamente el respaldo de las instituciones estatales garantiza un dinero uniforme y óptimo para la economía. GORTON, G. B., ZHANG, J.Y., “Taming Wildcat Stablecoins”, 2021, pp. 45-46, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3888752 (última consulta, el 24.07.2022).

En cambio, G. SELGIN se muestra más optimista con las monedas estables. Esto se debe a su visión favorable sobre el periodo histórico de la banca libre, especialmente de aquella que se desarrolló fuera de EEUU. BECKWORTH, D., “George Selgin on the Future of CBDC, Fed Accounts, and Stablecoins”, 2022, disponible en <https://www.mercatus.org/bridge/podcasts/01242022/george-selgin-future-cbdc-fed-accounts-and-stablecoins> (última consulta, el 18.06.2022).

⁸³⁹ Así, GARCÍA DEL POYO VIZCAYA utiliza como criterio de distinción de las *stablecoins* el tipo de activo que estas monedas virtuales utilizan para estabilizar su valor. En este sentido, el autor distingue entre las *stablecoins* vinculadas a materias primas o *commodities*, aquellas asociadas a divisas fiduciarias y las ligadas a otras criptodivisas. No obstante, cabe advertir que existen *stablecoins* que no pueden encuadrarse en esta clasificación porque no disponen de activos de respaldo y basan la estabilización de su valor en la intervención de un algoritmo que ajustará la oferta a la demanda de la divisa. GARCÍA DEL POYO VIZCAYA, R., “Algunos casos de uso” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.), *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 88-90.

⁸⁴⁰ El emisor se responsabiliza de que exista una exacta correspondencia entre los fondos depositados en la reserva y las *stablecoins* en circulación. Por este motivo, el emisor debe “quemar” o eliminar unidades monetarias de la *stablecoin* cada vez que entrega fondos de la reserva. En definitiva, la equivalencia entre las *stablecoins* y los fondos implica que el principal elemento que puede perjudicar la estabilidad de esta moneda virtual es la pérdida de confianza en la capacidad del emisor para cumplir con sus obligaciones. Los ingresos del emisor vendrán dados por el cobro de comisiones por las intervenciones que realice, como emitir moneda, efectuar operaciones de redención o cambio de las *stablecoins* por los fondos de respaldo, etc. Por último, cabe destacar que las DLTs se utilizarán en esta modalidad de moneda estable para representar en el registro distribuido los fondos entregados al emisor y para llevar a cabo las correspondientes transacciones con estas *stablecoins*.

BULLMANN et al., cit., p. 12.

⁸⁴¹ BULLMANN et al., cit., p. 16.

circunstancia pone en entredicho que la ficha de dinero electrónico constituya una representación digital, al menos exacta, de una moneda fiduciaria de curso legal⁸⁴², característica propia del dinero electrónico. Estas discordancias entre los fondos tokenizados y el dinero electrónico podrían dificultar la calificación legal de estas monedas estables como fichas de dinero electrónico⁸⁴³. En definitiva, esta clase de criptomonedas constituyen una unidad de cuenta diferente de aquella que se toma como referencia para mantener el valor estable⁸⁴⁴.

En segundo lugar, otro grupo de *stablecoins* viene dado por aquellas monedas virtuales que utilizan una cesta de activos de respaldo para reducir su volatilidad. Se trata de las *collateralised stablecoins*, o “fichas referenciadas a activos” en la terminología de la Propuesta de Reglamento MiCA⁸⁴⁵. Esta modalidad de *stablecoin* también utiliza como referencia el precio de una tercera divisa para controlar la volatilidad⁸⁴⁶. El valor de la unidad monetaria de la *stablecoin* variará cuando cambie la valoración de la reserva de activos en relación con el precio de referencia⁸⁴⁷. Las oscilaciones del valor de la reserva de activos, y por tanto del precio de la moneda estable, causarán la intervención del mecanismo de estabilización. La composición de la reserva de activos determinará el medio en el que se custodia. Así, la reserva puede estar compuesta por criptoactivos o tratarse de otra clase de activos que no se encuentran representados en un registro DLT. En función de la utilización o no de las DLTs para mantener la reserva de activos, cabe distinguir entre las *off-chain collateralised stablecoins* y las *on-chain collateralised stablecoins*⁸⁴⁸. Por ejemplo, MakerDAO constituye un caso de *on-chain collateralised stablecoin* que opera de forma

⁸⁴² VEGA VEGA, J.A., “Caracterización jurídica del dinero electrónico en la Ley 21/2011”, *Revista de Derecho Mercantil*, N 285, (2012), p. 24. (de la versión disponible en Aranzadi Instituciones).

⁸⁴³ Se trata de una de las clases de monedas estable que regula la Propuesta de Reglamento MiCA. A pesar de las diferencias entre los fondos tokenizados y el dinero electrónico, la voluntad del legislador de la UE claramente consiste en encuadrar esta clase de monedas estables en la noción de “ficha de dinero electrónico”.

⁸⁴⁴ La ficha de dinero electrónico, categoría en la que hay que encuadrar a esta clase de criptomoneda de acuerdo con el art. 3.1, cuarta definición, de la Propuesta de Reglamento MiCA, se distancia así del dinero electrónico regulado en la Ley 21/2011, de 26 de julio, de dinero electrónico.

Sobre el encaje de los fondos tokenizados en la categoría legal de ficha de dinero electrónico, véase el art. 3.1 de la Propuesta de Reglamento MiCA:

“Ficha de dinero electrónico: un tipo de criptoactivo cuya principal finalidad es la de ser usado como medio de intercambio y que, a fin de mantener un valor estable, se referencia al valor de una moneda *fiat* de curso legal”.

⁸⁴⁵ De acuerdo con el art. 3.1, tercera definición, de la Propuesta de Reglamento MiCA, la ficha referenciada a activos constituye “un tipo de criptoactivo que, a fin de mantener un valor estable, se referencia al valor de varias monedas *fiat* de curso legal, una o varias materias primas, uno o varios criptoactivos, o una combinación de dichos activos”.

⁸⁴⁶ BULLMANN et al., cit., p. 16.

⁸⁴⁷ Así, mientras que los emisores de los fondos tokenizados se obligan a canjear las unidades monetarias de *stablecoin* por una cantidad fija de dinero fiduciario, los emisores de la *collateralised stablecoin* proporcionarán, a cambio de la liquidación de las unidades monetarias de este tipo de *stablecoin*, activos cuya valoración fluctúa según el precio de referencia. Para asegurar la estabilidad del precio de la *stablecoin* ante las fluctuaciones del valor de la reserva de activos, se prevé disponer de cierto margen que permita cubrir las pérdidas que sufra el colateral.

BULLMANN et al., cit., pp. 16-17.

⁸⁴⁸ La modalidad de *stablecoins off chain* no utiliza criptoactivos como colateral y, además, requiere la intervención de una o varias entidades que se responsabilicen de la emisión de las monedas, la custodia de la reserva de activos y la amortización de las unidades monetarias de las *stablecoins*. Las *stablecoins on-chain*, en cambio, admiten una gestión descentralizada de la distribución y amortización de las unidades monetarias y de la administración de la reserva de activos, ya que estas funciones se llevarían a cabo de manera automatizada a través de *smart contracts* en el marco de una red DLT. BULLMANN et al., cit., pp. 17-19.

descentralizada, esto es, sin la intervención de sujetos que se responsabilicen de la gestión del proyecto⁸⁴⁹.

Por último, se encuentra la modalidad de moneda estable conocida como *Algorithmic Stablecoin*. Constituye el supuesto de moneda estable más sofisticado y descentralizado. Sin embargo, el precio de la innovación tecnológica se cobra en términos de pobres resultados en lo que respecta a la estabilidad de su precio⁸⁵⁰. Este grupo de criptomonedas se caracteriza por prescindir de los activos de respaldo y confiar exclusivamente en la gestión automatizada de la oferta monetaria como mecanismo de estabilización de su valor. Así, un *smart contract* ajusta la emisión de las unidades monetarias para que el precio de la divisa se mantenga estable en relación con una referencia⁸⁵¹. La Propuesta de Reglamento MiCA carece de disposiciones relativas a esta clase de moneda estable.

En definitiva, a mayor innovación del mecanismo de estabilización, menor será la estabilidad de la moneda virtual⁸⁵².

c. Referencia al caso de Libra

En 2019 se anunció un nuevo proyecto de criptomoneda privada que utilizaría las DLTs como conjunto de tecnologías que sustentan su infraestructura. La novedad se encontraba en que, hasta dicho momento, las monedas virtuales carecían de respaldo o patrocinio directo por parte de empresas relevantes⁸⁵³. El proyecto Libra, en cambio, se encontraba secundado por una asociación compuesta por empresas notables. Facebook lideraba el proyecto y actuó como representante de

⁸⁴⁹ MakerDAO es una Organización Descentralizada Autónoma en la que se ha establecido un complejo sistema de gobernanza para administrar los mecanismos de estabilización de una moneda estable. Concretamente, las decisiones que afectan a la criptomoneda que emite esta organización —anteriormente llamada Dai y, posteriormente, Sai⁸⁴⁹— se toman por parte de los poseedores de un *token* denominado MKR, el cual juega un papel fundamental en el mecanismo de estabilización de la *stablecoin*. La emisión de Sai no genera ninguna dificultad conceptual: el interesado debe depositar una cantidad de colateral o garantía en un *smart contract*, el cual le entregará la cantidad de moneda estable que corresponda de acuerdo con el precio de referencia. El *smart contract* bloqueará la garantía hasta que, a petición del poseedor de la *stablecoin*, se produzca la devolución y extinción de las monedas estables que cubría el colateral.

Por otra parte, cabe describir sucintamente el mecanismo de estabilización de gestión descentralizada del precio del Sai. El sistema entra en juego en el caso de que el valor del colateral empleado oscile a la baja, situación que será muy frecuente porque MarkerDAO utiliza como colateral el Ether. Así pues, en el caso de que descienda el valor del colateral, el *smart contract* solicitará a la comunidad que entreguen unidades de Sai con la finalidad de eliminarlas y conseguir así una oferta monetaria que sustente un precio estable. Los miembros de la comunidad monetaria que proporcionen una determinada cifra de Sai recibirán como contraprestación una cantidad en *tokens* MKR, los cuales atribuyen a sus tenedores derechos de diversa índole. Con la eliminación de las unidades monetarias de la *stablecoins*, el colateral se redistribuye de tal manera que las monedas virtuales restantes dispongan de suficiente respaldo para mantener su valoración estable. MakerDAO, “The Maker Protocol: MakerDAO’s Multi-Collateral Dai (MCD) System”, disponible en White Paper -The Maker Protocol_ MakerDAO’s Multi-Collateral Dai (MCD) System-FINAL-021720.pdf (última consulta 06/03/2020).

⁸⁵⁰ BULLMANN et al., cit., pp. 31-32.

⁸⁵¹ Por otro lado, el hecho de que un algoritmo constituya el principal mecanismo de estabilización no impide que las monedas estables utilicen otros instrumentos para controlar su precio en el mercado, como la disposición de una reserva de activos que secunde la acción del *smart contract*. BULLMANN et al., cit., p. 26.

⁸⁵² BCE, “stablecoins...”, cit., p. 5.

⁸⁵³ Con carácter previo, es cierto que varias empresas notables empezaron a aceptar Bitcoin como medio de pago de sus bienes y servicios. No obstante, estas compañías no se encuentran directamente involucradas en el proyecto de S. NAKAMOTO. Binance, “Seis grandes marcas que aceptan BTC y por qué”, 2022, disponible en <https://www.binance.com/es-LA/blog/payment/seis-grandes-marcas-que-aceptan-btc-y-por-que%C3%A9-421499824684903357> (última consulta, el 11.07.2022).

la divisa ante los medios de comunicación⁸⁵⁴. Se trató de una propuesta de moneda estable enfocada a las comunidades cuyas necesidades financieras no se encuentran adecuadamente satisfechas⁸⁵⁵.

Libra se diferenciaba claramente de Bitcoin por varias razones. En primer lugar, porque se planteó como una moneda estable para asegurar su uso como medio de pago entre la comunidad de usuarios. En segundo lugar, Libra no consistía en un sistema monetario plenamente descentralizado, en la medida en que la asociación Calibra se responsabilizó de su gestión⁸⁵⁶. En tercer lugar, este proyecto de criptomoneda presentó diferencias técnicas significativas respecto de Bitcoin, como el lenguaje de programación en el que se desarrolló o el hecho de que la infraestructura de la moneda virtual viniera dada en un principio por una red DLT permissionada⁸⁵⁷.

En cualquier caso, la mayor singularidad de Libra respecto a las criptomonedas privadas precedentes residía en que, según la percepción de las autoridades, esta criptodivisa sí podía llegar a una masa crítica de usuarios⁸⁵⁸. Esta singularidad se debía a que Libra podría aprovechar la circunstancia de que millones de personas utilizan las plataformas de las empresas que secundan la moneda virtual. Las posibles repercusiones de Libra en la estabilidad financiera y en la “soberanía monetaria” de los Estados ocasionaron que el súbito anuncio de Libra se haya recibido con un manifiesto rechazo por parte de los Estados miembros de la UE⁸⁵⁹. Esta respuesta negativa ha determinado que Suiza, la jurisdicción desde la que se proyectaba lanzar Libra, haya retirado públicamente su apoyo a este proyecto de moneda digital hasta que obtenga definitivamente autorización por parte de las autoridades concernidas⁸⁶⁰. Peor aún, la reacción de las instituciones

⁸⁵⁴ BRACERO OSUNA, F., “Así funcionará Libra, la criptomoneda de Facebook”, 2019, disponible en <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20190623/463034230432/asi-funciona-libra-criptomoneda-facebook.html> (última consulta el 24.02.2020).

⁸⁵⁵ Asociación Libra, “Presentación de Libra”, 2019, p. 1, disponible en https://libra.org/es-LA/wp-content/uploads/sites/18/2019/06/LibraWhitePaper_es_LA.pdf (última consulta el 24.02.2020).

⁸⁵⁶ El *White Paper* de Libra de 2019 se refiere claramente a esta asociación como entidad de gobierno. Asociación Libra, “Introducción...” cit., p. 8.

⁸⁵⁷ Move es el nombre que recibe tanto el lenguaje de programación creado como la máquina virtual que ejecuta los cambios que acaecen en el estado del registro distribuido. El nuevo marco de desarrollo se centraba en facilitar la programación de *smart contracts*, con especial énfasis en su seguridad. Asociación Libra, “Introducción...” cit., p. 5.

Asimismo, cabe destacar que se planificó que, en una primera fase, la infraestructura de Libra vendría dada por una red DLT permissionada en la que la condición de nodo validador se encontraría reservada en favor de los miembros fundadores del proyecto. No obstante, Libra planeó realizar una transición hacia una infraestructura que consistiría en una red DLT pública no permissionada que emplearía un protocolo de consenso *proof of stake*. DUDDUKURU, R., “Permissioned vs Permissionless Blockchain: Why did Libra start with Permissioned?”, 2019, disponible en <https://medium.com/@raviduddukuru/permissioned-vs-permissionless-blockchain-why-did-libra-start-with-permissioned-93eeb971189b> (última consulta, el 18.06.2022).

⁸⁵⁸ Actualmente, las *stablecoins* se utilizan principalmente como reserva de valor por parte de aquellos que desean conservar el valor de sus cryptoactivos sin tener que transformarlos en dinero fiduciario convencional. BULLMANN et al., cit., p. 37.

⁸⁵⁹ Vid. las declaraciones de BRUNO LE MAIRE, ministro de finanzas de Francia, en CNBC. BRUNO LE MAIRE. “EU should refuse the development of Facebook’s libra, Bruno Le Maire says”, 2019, disponible en <https://www.cnbc.com/video/2019/09/13/eu-should-refuse-the-development-of-facebooks-libra-bruno-le-maire.html>. (última consulta el 11.10.2021).

⁸⁶⁰ Bloomberg, “La criptomoneda 'fallida' de Facebook, Libra, comienza 2020 con problemas en Suiza”, 2020, disponible en <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/10308948/01/20/La-criptomoneda-fallida-de-Facebook-libra-comienza-2020-con-problemas-en-Suiza.html> (última consulta el 09.03.2020).

ha provocado que buena parte de los integrantes originales del proyecto se hayan desmarcado de la iniciativa⁸⁶¹.

La desbandada que ha sufrido la membresía de Libra reduce dramáticamente las probabilidades de esta criptomoneda de convertirse en un medio de pago ampliamente aceptado. La fortaleza de esta moneda estable no estriba en la propuesta tecnológica en la que se apoya, sino en el hecho de que se trate de una unidad monetaria respaldada por grandes conglomerados empresariales⁸⁶². La ventaja de Libra también suponía su principal vulnerabilidad: la vinculación de grandes empresas con la criptomoneda obligaba a los impulsores del proyecto a buscar la aprobación regulatoria, ya que la negativa estatal obligaría a las corporaciones a abandonar el proyecto. Es cierto que, en respuesta a las objeciones presentadas por las autoridades, Libra se ha comprometido a cumplir con las regulaciones financieras y a no suponer una amenaza para la política monetaria de los Estados⁸⁶³. No obstante, la preocupación por mantener la soberanía monetaria ha prevalecido sobre los posibles beneficios de la circulación de esta moneda estable⁸⁶⁴.

2. Encaje de las criptomonedas en el marco institucional vigente

A. La incidencia del Reglamento MiCA en la situación regulatoria de las criptomonedas

Las posibilidades de regular normativamente las criptomonedas son limitadas. Las limitaciones a la capacidad regulatoria de los Estados vienen dadas por la naturaleza de los cryptoactivos y del registro DLT en el que se anotan las transacciones. En relación con el primer aspecto, se ha de recordar la clasificación de IBÁÑEZ JIMÉNEZ que distingue entre *tokens* nativos y derivados⁸⁶⁵. Los primeros se obtienen como consecuencia de la aplicación de las reglas del protocolo de consenso que regulan la emisión de incentivos económicos⁸⁶⁶, mientras que los segundos son aquellos que se emiten por parte de personas concretas en el marco de una plataforma DLT, normalmente con la finalidad de obtener financiación para un proyecto. En principio, el Estado siempre puede tratar de intervenir sobre los emisores de los cryptoactivos, es decir, el poder público puede plantear la normación de los *tokens* derivados; la posibilidad de regular los cryptoactivos nativos, en cambio, dependerá de que las autoridades puedan controlar el registro DLT al que pertenecen.

⁸⁶¹ FERNÁNDEZ DÍAZ, E., “Desbandada: Mastercard y Visa Abandonan a Facebook antes del lanzamiento de Libra”, 2019, disponible en <https://www.elmundo.es/economia/empresas/2019/10/12/5da20129fdddf58e8b4601.html> (última consulta el 09.03.2020).

⁸⁶² Este patrocinio de la moneda estable impulsaba su uso como medio de pago. La clave se encuentra en la aceptación por parte de los integrantes de la Asociación Calibra, gestora de la *stablecoin* Libra, de la criptomoneda estable como método de liquidación de deudas. De esta manera, terceros operadores económicos tienen incentivos para unirse a la comunidad monetaria en cuestión. En consecuencia, si este sostén empresarial desaparece, Libra se convierte en una “estrella más en el universo de las criptomonedas” a disposición del público.

⁸⁶³ Asociación Libra, “The Regulatory Regime for Stablecoin”, 2019, disponible en <https://libra.org/wp-content/uploads/2019/10/Libra-Association-Response-to-G7-The-Regulatory-Regime-for-Stablecoins.pdf> (última consulta el 06.05.2020).

⁸⁶⁴ En 2022 se informó de que la asociación de Libra, renombrada en 2020 como Diem, buscaba comprador para sus activos. La presión regulatoria no solo paralizó y obligó replantear la criptomoneda, también parece haber supuesto el final prematuro de la moneda estable. BAKER, L., HAMILTON, J., KHARIF, O., “Mark Zuckerberg’s Stablecoin Ambitions Unravel With Diem Sale Talks”, 2022, disponible en <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-25/zuckerberg-s-stablecoin-ambitions-unravel-with-diem-sale-talks?sref=ExbtjcSG#xj4y7vzkg> (última consulta, el 18.06.2022).

⁸⁶⁵ IBÁÑEZ JIMÉNEZ, “Tokens valor (security tokens) ...”, cit., p. 67.

⁸⁶⁶ Cabe destacar que en el sitio web de Ethereum se identifica al sistema de remuneración de los mineros con la política monetaria de la red DLT. Vid. Ethereum, “Monetary Policy”, disponible en [https://docs.ethhub.io/ethereum-basics/monetary-policy/#:~:text=Ethereum's%20Monetary%20Policy%20is%20defined,fees\)%20being%20rewarded%20to%20miners.](https://docs.ethhub.io/ethereum-basics/monetary-policy/#:~:text=Ethereum's%20Monetary%20Policy%20is%20defined,fees)%20being%20rewarded%20to%20miners.) (última consulta, el 08.06.2022).

Respecto del segundo aspecto, es necesario valorar si la red DLT es pública o privada. En el primer caso, cabe presumir que las autoridades de una jurisdicción no disponen de la capacidad para intervenir coactivamente sobre el registro DLT. Pues bien, dado que para regular las criptomonedas nativas el Estado debe poder intervenir directamente sobre el protocolo de consenso del registro DLT, cabe concluir que los poderes públicos solo podrán regular las monedas virtuales que emitan personas concretas en redes DLT públicas, y excepcionalmente aquellos criptoactivos nativos que se emitan en un registro DLT que el Estado pueda controlar. En otras palabras, las autoridades no pueden aspirar a regular las criptomonedas vinculadas al protocolo de consenso de una red DLT pública⁸⁶⁷. Las criptomonedas nativas emitidas en el marco de redes DLT privadas no son frecuentes. Por estas razones, la regulación se ha dirigido a las criptomonedas que constituyen *tokens* derivativos.

Así, la Propuesta de Reglamento MiCA ha renunciado a regular las monedas virtuales que constituyen *tokens* nativos de redes DLT públicas y, en consecuencia, se ha centrado en las criptomonedas que ponen en circulación emisores concretos⁸⁶⁸. En consecuencia, las criptomonedas que constituyen *tokens* derivativos gozan de un régimen jurídico determinado, que viene dado por la Propuesta de Reglamento MiCA; las criptodivisas con origen en el protocolo de consenso de redes DLT públicas, en cambio, no disponen de un estatuto jurídico definido. Conviene analizar brevemente el encaje institucional de cada categoría de criptomoneda en el ordenamiento jurídico.

B. Criptomonedas ajenas al Reglamento MiCA

En primer lugar, se ha de destacar la imposibilidad de aplicar, ni siquiera a través de la *analogía iuris*, las disposiciones de la Propuesta de Reglamento MiCA a estas criptomonedas, puesto que el proyecto de norma va dirigido a los emisores de las monedas virtuales.

En torno a criptomonedas como Bitcoin y Ethereum, más allá de que se admita que las unidades monetarias puedan constituir el objeto de derechos reales, su exclusión del ámbito de aplicación

⁸⁶⁷ La única posibilidad de regular las criptomonedas de redes DLT públicas viene dada por la aplicación del enfoque regulatorio *Law is Code*.

Aquí, una vez más, Bitcoin y Ethereum muestran diferencias. En Bitcoin hay un límite definido de unidades monetarias que pueden minarse, un total de 21 millones; Ethereum no ha contado con ninguna restricción en lo que se refiere a la oferta de Ethers desde la generación del bloque génesis. Esto significa que, mientras que la política monetaria de Bitcoin está marcada por el límite de 21 millones que fijó S. NAKAMOTO, en Ethereum la política monetaria puede variar de acuerdo con las decisiones que su comunidad tome en el marco de sus procesos de gobernanza. Vid. Bitcoin.com “What is Ethereum's monetary policy?”, disponible en <https://www.bitcoin.com/get-started/what-is-ethereum-monetary-policy/> (última consulta, el 08.06.2022).

Por este motivo, puede decirse que Ethereum es más propenso a aceptar la intervención en su criptomoneda que Bitcoin. Además, hay que tener en cuenta que la comunidad de Ethereum puede tener interés en cooperar con los Estados, debido a que la coordinación resultante podría incrementar el valor de las aplicaciones descentralizadas, circunstancia que no se da en Bitcoin.

Lo anterior no impide que una parte de la comunidad de Bitcoin acuerde realizar un *hard fork* con la finalidad de implementar cambios en la política monetaria de su versión de Bitcoin en el sentido indicado.

⁸⁶⁸ Esta renuncia es forzada ante la imposibilidad de regular unilateralmente criptomonedas como Bitcoin y, en consecuencia, no resulta criticable. No obstante, la Propuesta de Reglamento MiCA contiene omisiones que no se encuentran justificadas. Destaca en este sentido la exención a los emisores de *tokens* no fungibles (*Non fungible Tokens*, NFTs en adelante) de las obligaciones de elaboración y publicación del correspondiente libro blanco de criptoactivos. Contrasta así el deseo del legislador de la UE de regular los criptoactivos a los que no les resultaba aplicable la normativa del mercado de valores para proteger al inversor de estos nuevos mercados con la decisión de excluir de la norma a un criptoactivo tan volátil como el NFT. Vid. mi publicación en ZAPATA SEVILLA, J., “Las lagunas del paquete de medidas sobre finanzas digitales de la UE. Especial referencia a las infraestructuras de los mercados”, *Revista de Derecho del Sistema Financiero: Mercados, Operadores y Contratos*, N 3, (2022), pp. 13-16.

de la Propuesta de Reglamento MiCA ocasiona que puedan persistir las dudas sobre su condición de dinero⁸⁶⁹, principalmente debido a que el ordenamiento jurídico no dispone de elementos suficientes para caracterizar la realidad monetaria.

Varios argumentos se oponen al tratamiento jurídico de las criptomonedas como dinero. En primer lugar, de acuerdo con la teoría realista-funcional del dinero, las criptomonedas constituirán un sistema monetario siempre que cumplan las funciones de unidad de cuenta, medio de cambio y reserva de valor. En consecuencia, un sector de la doctrina y determinadas autoridades señalan que Bitcoin no puede considerarse dinero, al menos en su situación actual, porque este sistema monetario no desarrollaría adecuadamente todas las funciones anteriores. En particular, Bitcoin no cumpliría con la función de constituir un medio de cambio al no tener una aceptación generalizada⁸⁷⁰. En este sentido se ha pronunciado el BCE, el cual añade que las criptomonedas no se encuentran respaldadas por instituciones monetarias que velen por su viabilidad⁸⁷¹. No obstante, no resulta acertado dejar de considerar a las criptomonedas como dinero por el mero hecho de que no dispongan de alguno de los elementos que caracterizan convencionalmente a la institución monetaria⁸⁷².

En segundo lugar, y a pesar de que la Sentencia del TJUE en el asunto C-264/14 (Skatteverket / David Hedqvist), de 22 de octubre de 2015, se pronunciara en favor de la consideración de Bitcoin como divisa no convencional, la Sala de lo Penal del Tribunal Supremo de España, en su Sentencia 2109/2019, de 20 de junio, ha sostenido que Bitcoin no constituye dinero porque se trata de un activo patrimonial inmaterial que no se ajusta a la definición de dinero electrónico que aporta la Ley de dinero electrónico. La sentencia parece aplicar el criterio de la tesis cartalista, según la cual solo el Estado tiene la capacidad para determinar qué es dinero en su territorio⁸⁷³. Cabe indicar que la propia definición que el ordenamiento jurídico español proporciona acerca de las monedas virtuales en el art. 1.5 de la Ley de prevención del blanqueo de capitales y de la financiación del terrorismo puede reforzar la idea de que el dinero requiere algún tipo de sanción

⁸⁶⁹ La cuestión es relevante a los efectos de la calificación de las transacciones en las que intervienen las criptomonedas. Así, si las criptomonedas no constituyen dinero, su intercambio da lugar a una permuta, mientras que su uso como unidad monetaria origina una compraventa. Una calificación errónea de las criptodivisas puede complicar su uso en el tráfico jurídico y hacerles perder así su condición de *moneda*.

Hay que tener en cuenta que una moneda, al contrario que cualquier otro bien, no está sujeta a la regla de *nemo dat quod non habet*. Esto significa que cualquier parte que reciba dinero en el marco de una transacción puede estar segura de que ningún tercero le podrá despojar legalmente de sus unidades monetarias en el caso de que el transferente del dinero no tuviese derecho a poseer y disponer de dichas divisas. GLEESON, cit., p. 127.

⁸⁷⁰ ESPAÑA CONTRERAS, A., “Bitcoin, qué es y qué no es. Primera aproximación (I)”, disponible en https://blogs.elconfidencial.com/economia/monetae-mutatione/2018-01-03/bitcoin-aproximacion_1500443/ (última consulta el 22.05.2019).

Recuérdese que Bitcoin no ha podido consolidarse como un medio de pago generalmente aceptado en El Salvador, a pesar del apoyo estatal recibido.

⁸⁷¹ ECB Crypto-Assets Task Force, cit., p. 9.

⁸⁷² CARNEY, M., “The Future of Money”, 2018, pp. 3-9, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/speech/2018/the-future-of-money-speech-by-mark-carney.pdf?la=en&hash=A51E1C8E90BDD3D071A8D6B4F8C1566E7AC91418> (última consulta el 11.09.2020).

En este sentido, no puede decirse que divisas cuyo poder adquisitivo se ha volatilizado como consecuencia de la hiperinflación no puedan considerarse dinero por haber dejado de cumplir adecuadamente con las meritorias funciones.

⁸⁷³ En esta línea, un sector de la doctrina defiende que pagar con criptomonedas no implica realizar una transferencia de dinero porque el Cc utiliza el término pago como sinónimo de cumplimiento. De esta manera, en una transacción el pago con criptomoneda supone el cumplimiento de la obligación de entregar un bien, y la operación debe calificarse como una permuta. PEÑA GONZÁLEZ, F., “¿Son las criptomonedas otros medios de pago?”, disponible en <https://www.ga-p.com/wp-content/uploads/2019/02/Son-las-criptomonedas-otros-medios-de-pago.pdf>, (última consulta el 29.05.2019).

legal⁸⁷⁴. No obstante, frente a esta teoría debe oponerse que el ordenamiento jurídico no ofrece propiamente una definición de “dinero” y que la Ley de dinero electrónico únicamente va dirigida a regular una clase muy específica de activo monetario⁸⁷⁵.

Por otro lado, es cierto que Bitcoin puede recibir otras calificaciones jurídicas si las partes de una transacción deciden no emplear el activo virtual como dinero, ya que el comportamiento de las partes altera el significado económico y jurídico de las transacciones⁸⁷⁶.

Por último, dentro de la categoría de criptomonedas ajenas al Reglamento MiCA, hay que contemplar a las monedas virtuales que emiten personas concretas, es decir, que suponen *tokens* derivativos, y que no constituyen ni fichas referenciadas a activos ni fichas de dinero electrónico en la terminología de la Propuesta de Reglamento MiCA. Ciertamente, existe una categoría residual de criptoactivo que debería comprender todos aquellos supuestos que no constituyen fichas referenciadas a activos o de dinero electrónico. Esta viene dada por los llamados criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico⁸⁷⁷. No obstante, se trata de un régimen jurídico que el legislador de la UE ha previsto para los criptoactivos que no constituyen ni instrumentos financieros sometidos a la regulación de los mercados de valores ni criptomonedas, es decir, el objeto viene dado por los llamados *utility tokens*⁸⁷⁸. Probablemente, la razón de la omisión de las criptomonedas que no constituyen fichas referencias a activos o de dinero electrónico se debe a que el legislador de la UE parece haber asumido que los criptoactivos que no mantienen un valor estable no pueden cumplir con la función del dinero de constituir un medio de pago, y, por tanto, no pueden considerarse criptomonedas o dinero⁸⁷⁹.

⁸⁷⁴ “Se entenderá por moneda virtual aquella representación digital de valor no emitida ni garantizada por un banco central o autoridad pública, no necesariamente asociada a una moneda legalmente establecida y que no posee estatuto jurídico de moneda o dinero, pero que es aceptada como medio de cambio y puede ser transferida, almacenada o negociada electrónicamente”.

Considero que el inciso destacado en cursiva debe eliminarse, puesto que invita a interpretar que el dinero debe disponer necesariamente de un estatuto jurídico definido. Así, el euro como caso de dinero fiduciario respaldado por el BCE dispone de una sanción expresa, que vino dada por el Reglamento (CE) 974/98, del Consejo, de 3 de mayo de 1998 sobre la introducción del euro (DOUE, L 139/1 de 11.5.98).

⁸⁷⁵ La función del dinero a la que se refiere la Ley de dinero electrónico es representar al euro. Así, puede identificarse a este dinero electrónico como el conjunto de herramientas que permiten sustituir al efectivo por dinero en formato digital. En segundo lugar, el dinero electrónico no comprende al dinero escriturario-bancario, sino a una realidad más reducida. En esencia, abarca a dispositivos de pago en los que se han cargado unidades monetarias electrónicas que representan al dinero de curso legal. Por este motivo, resulta preciso distinguir entre dinero de curso legal, dinero electrónico y dinero bancario-escriturario, a pesar de que tanto el dinero bancario-escriturario como el electrónico utilicen medios tecnológicos electrónicos. MADRID PARRA, cit., p. 6 y LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., “Monedas virtuales y prevención del blanqueo de capitales”, 2017, disponible en <http://todosonfinanzas.com/monedas-virtuales-y-prevencion-del-blanqueo-de-capitales/> (última consulta el 04.06.2019).

⁸⁷⁶ De acuerdo con GLEESON, el hecho de que Bitcoin se haya tratado o no en una transacción como dinero dependerá de que las partes hayan utilizado esta criptomoneda como unidad de cuenta en la que cuantificar las unidades monetarias que han de entregarse para extinguir la deuda monetaria. GLEESON, cit., pp. 146-147.

⁸⁷⁷ La Propuesta de Reglamento MiCA dedica su título segundo a la regulación de estos criptoactivos.

⁸⁷⁸ De acuerdo con la Propuesta de Reglamento MiCA, los criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico consisten en “fichas de servicio”, los cuales se definen en su art. 3.1 como:

“Un tipo de criptoactivo usado para dar acceso digital a un bien o un servicio, disponible mediante TRD, y aceptado únicamente por el emisor de la ficha en cuestión”.

⁸⁷⁹ De acuerdo con este argumento, solo las monedas estables reguladas en la Propuesta de Reglamento MiCA podrían llegar a considerarse dinero. Aun así, solo la definición de “Ficha de dinero electrónico” incorpora una referencia expresa a su uso como medio de intercambio. Vid. art. 3.1 de la referida Propuesta de Reglamento. Acerca de cómo la volatilidad impide a un criptoactivo funcionar como un medio de pago, Vid. PwC, “El impacto regulatorio de la Propuesta MiCA”, 2021, p. 3, disponible en

Por tanto, cabe concluir que a un emisor que pretenda ofrecer una criptomoneda que no sea estable⁸⁸⁰ o que aspire a lograr la estabilidad sin disponer de activos de respaldo no le resulta aplicable el régimen jurídico del Reglamento MiCA. Únicamente subsiste la duda de si cabe aplicar a estas criptomonedas la regulación de los criptoactivos que no constituyen fichas referenciadas a activos o de dinero electrónico, aunque se trate de unas disposiciones claramente orientadas a las fichas de servicio o *utility token*. Una aclaración normativa resulta necesaria⁸⁸¹.

C. Criptomonedas reguladas en el Reglamento MiCA

Conforme a lo explicado anteriormente, la Propuesta de Reglamento MiCA únicamente regula criptomonedas que constituyen monedas estables que emiten personas identificables y que además utilizan como mecanismos de estabilización de su valor uno o varios activos⁸⁸². La Propuesta de Reglamento MiCA contempla dos modalidades de criptomonedas: de un lado, las fichas referenciadas a activos; de otro, las de dinero electrónico. En el primer caso, se utiliza como mecanismo para estabilizar el valor de la criptomoneda una reserva compuesta por distintos activos; en el segundo, la estabilidad se consigue mediante la referencia a una moneda de curso

<https://www.pwc.es/es/auditoria/newsletters/newsletter-criptoactivos-febrero-2022-pwc.pdf> (última consulta, el 09.06.2022).

⁸⁸⁰ En el epígrafe dedicado al análisis de las criptomonedas como alternativa al dinero fiduciario convencional, se analizará el caso de las monedas virtuales con oferta inelástica. Se trata de criptomonedas cuya oferta monetaria no se ve afectada por el precio que alcance la unidad monetaria en el mercado de criptoactivos. Esto provoca que su precio varíe sensiblemente ante cualquier cambio en la demanda.

⁸⁸¹ ZETZSCHE, ANNUNZIATA, ARNER y BUCKLEY se pronuncian en favor de entender aplicable el régimen de los criptoactivos que no constituyen fichas referenciadas a activos o de dinero electrónico al resto de criptomonedas, aunque necesariamente se ha de excluir a las criptomonedas que constituyan *tokens* nativos de redes DLT públicas. ZETZSCHE, D.A., ANNUNZIATA, F., ARNER, D.W., BUCKLEY, R.P., “The Markets in Crypto-Assets regulation (MiCA) and the EU digital finance strategy”, *Capital Markets Law Journal*, Vol 16, N 2, (2021), pp. 212-213.

⁸⁸² El art. 2.2 de la Propuesta de Reglamento MiCA excluye de su ámbito de aplicación a aquellos criptoactivos que, conforme la legislación vigente, deban considerarse: instrumentos financieros, dinero electrónico, depósitos bancarios, depósitos estructurados y titulizaciones. Estas exclusiones pueden perjudicar el propósito de conseguir una regulación uniforme en la UE de los criptoactivos. Esto se debe a la existencia de divergencias en las legislaciones de los Estados miembros en cuanto al desarrollo de los conceptos normativos que determinan la inaplicación de esta Propuesta de Reglamento MiCA. Así, se ha dicho que la ausencia de un concepto uniforme de instrumento financiero a nivel de la UE puede provocar la fragmentación del marco jurídico aplicable a los criptoactivos. CANALEJAS MERÍN, cit., p. 3.

Esto implica, por un lado, que la regulación de los *security tokens* —criptoactivos que constituyen instrumentos financieros— se encontrará en las legislaciones nacionales de los mercados de valores y, de otro, que las autoridades nacionales podrán impedir la aplicación de la Propuesta de Reglamento MiCA si consideran que un criptoactivo debe calificarse como instrumento financiero o *security token*. No obstante, también se ha destacado que estas exclusiones resultan coherentes con el principio de neutralidad tecnológica, que la norma establece un concepto general de criptoactivo que comprende a todos aquellos activos digitales que no se encuentran excluidos de su ámbito de aplicación y que la Propuesta de Reglamento vendrá acompañada de una correlativa reforma de la legislación armonizada del mercado de valores que tendrá por objeto comprender al resto los criptoactivos en esta normativa. DE MIGUEL ASENSIO, P.A., “Propuesta de reglamento sobre los mercados de criptoactivos en la Unión Europea”, *La Ley. Unión Europea*, N 85, (2020), pp. 2-3.

Asimismo, el BCE considera que el texto normativo definitivo debería incorporar alguna aclaración adicional que permita distinguir a los criptoactivos a los que resulta aplicable esta regulación de los activos digitales que constituyen instrumentos financieros. BCE, “Opinion of The European Central Bank of 19 February 2021 on a proposal for a regulation on Markets in Crypto-assets, and amending Directive (EU) 2019/1937”, (CON/2021/4), (DO C 152/1, 29.4.2021), p. 2.

legal. Asimismo, dentro de cada categoría de criptomoneda, la Propuesta de Reglamento MiCA prevé un régimen agravado para las llamadas fichas significativas⁸⁸³.

La Propuesta de Reglamento MiCA establece: un marco jurídico general para los criptoactivos; un régimen especial para los activos digitales que constituyan “fichas referenciadas a activos” y “fichas de dinero electrónico”; un régimen agravado para las “fichas significativas referenciadas a activos” y las “fichas significativas de dinero electrónico”; la regulación de los llamados “proveedores de servicios de criptoactivos”, y una serie de normas encaminadas a garantizar la integridad de los mercados de criptoactivos⁸⁸⁴.

La regulación de la emisión de criptoactivos que no constituyen ni fichas referenciadas a activos ni fichas de dinero electrónico se caracteriza por ser poco onerosa para los emisores⁸⁸⁵. Lo anterior no obsta a que la Propuesta de Reglamento MiCA amplíe las capacidades de supervisión e intervención de las autoridades sobre estos nuevos mercados, disponga de técnicas regulatorias propias de la normativa del mercado de valores⁸⁸⁶ e incorpore la previsión de un derecho de desistimiento en favor de los inversores que adquieran los criptoactivos directamente del emisor o del proveedor de servicios —el intermediario financiero— que coloque los activos virtuales por cuenta del emisor.

En cuanto al régimen de emisión de las “fichas referenciadas a activos”, cabe destacar que su oferta al público o su admisión en plataformas de negociación de criptoactivos requiere autorización de la autoridad competente del Estado miembro de origen⁸⁸⁷, aunque los emisores se encuentran eximidos de obtener esta autorización en el caso de que constituyan entidades de crédito o les resulten aplicables las excepciones de emisión de escasa cuantía o de oferta dirigida exclusivamente a inversores cualificados que constituyan los únicos titulares de los criptoactivos. Los motivos para denegar el otorgamiento de la autorización son limitados, si bien es cierto que las causas de denegación aluden a conceptos jurídicos indeterminados tales como que el “modelo de negocio del emisor solicitante puede suponer una amenaza grave para la estabilidad financiera, la transmisión de la política monetaria o la soberanía monetaria”⁸⁸⁸. En este sentido, cabe destacar

⁸⁸³ El objeto del régimen agravado viene dado por aquellas monedas estables que pueden constituir un medio de pago generalmente aceptado y que, por tanto, pueden rivalizar con el dinero fiduciario respaldado por el Estado. Esto se debe a que la competencia que plantean las criptomonedas estables relevantes podría llegar a afectar a la “soberanía monetaria de los Estados”. La calificación de la ficha o *stablecoin* como “significativa” comporta la exigencia de obligaciones específicas para los emisores. Vid. arts. 41 y 52 de la Propuesta de Reglamento MiCA y el informe del Banco Internacional de la Pagos sobre la materia en Bank for International Settlements, “Investigating the impact of global stablecoins”, 2019, disponible en <https://www.bis.org/cpmi/publ/d187.pdf> (última consulta el 06.03.2020).

⁸⁸⁴ CANALEJAS MERÍN, cit., p. 2.

⁸⁸⁵ Así, los emisores, que como personas jurídicas identificadas deberán asumir responsabilidad por la oferta de los criptoactivos, no requieren obtener autorización previa y únicamente deberán comunicar a las autoridades el contenido normalizado de un documento informativo (*White Paper*) y las comunicaciones comerciales que dirijan a los potenciales adquirentes. CANALEJAS MERÍN, cit., p. 3.

Ahora bien, la provisión de información engañosa en el libro blanco da lugar a que los titulares de los criptoactivos puedan reclamar una indemnización a la persona jurídica emisora de estos activos digitales o a sus órganos dirección (art. 14 de la Propuesta de Reglamento MiCA), sin perjuicio de la responsabilidad civil que resulte exigible conforme al Derecho nacional y del régimen sancionador de esta Propuesta de Reglamento. GONZÁLEZ DEL CASTILLO, E.N., “El futuro reglamento europeo para un mercado de criptoactivos (Propuesta MiCA)”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, p. 125.

⁸⁸⁶ Así, la Propuesta de Reglamento MiCA también sigue los criterios de la normativa del mercado de valores en lo que se refiere a la previsión de excepciones acerca de la necesidad de elaborar y publicar el “folleto informativo” o libro blanco de criptoactivos en este caso. CANALEJAS MERÍN, cit., p. 4.

⁸⁸⁷ Este régimen de autorización sigue la fórmula “*one-stop shop*”, la cual implica que solo resulta necesaria una única autorización para operar en todo el territorio de la UE. La autoridad competente para conceder la autorización es una administración nacional. GONZÁLEZ DEL CASTILLO, cit., p. 125.

⁸⁸⁸ Art. 19.2 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

que la versión de la Propuesta de Reglamento MiCA presentada el 24 de septiembre de 2020 contempla una intervención no vinculante del BCE en el proceso de autorización. Por este motivo, en la medida en que la autorización de la ficha referenciada a activos afecta a la política monetaria, el BCE reclama la competencia exclusiva para decidir acerca de la concesión o denegación de la autorización de la ficha referenciada a activos⁸⁸⁹.

Asimismo, los emisores de fichas referenciadas a activos deberán publicar un libro blanco. Se trata de una versión ampliada del documento informativo que debe presentar cualquier emisor de criptoactivos, aunque también se mantienen las excepciones a su presentación. Asimismo, la Propuesta de Reglamento MiCA regula la composición y gestión de la reserva de activos⁸⁹⁰. Por último, respecto de la imposición de obligaciones adicionales para las fichas significativas referenciadas a activos, se ha de señalar que estos requisitos añadidos se exigen para salvaguardar la estabilidad financiera, no para proteger a los consumidores⁸⁹¹.

Respecto de las fichas de dinero electrónico, cabe destacar que su emisión queda reservada a las personas jurídicas autorizadas como entidades de crédito o entidades de dinero electrónico. En ambos casos, el emisor deberá cumplir con los requisitos aplicables a las entidades de dinero electrónico y publicar y notificar a la autoridad competente un libro blanco de criptoactivos⁸⁹². Ahora bien, las entidades de crédito y de dinero electrónico no requerirán obtener una autorización específica para emitir fichas de dinero electrónico⁸⁹³. Por otro lado, de acuerdo con la Propuesta de Reglamento MiCA, los emisores de estos criptoactivos deberán emitir estas fichas por el valor nominal de los fondos entregados, así como proceder al reembolso de los fondos por el valor facial de estas fichas de dinero electrónico⁸⁹⁴. De hecho, la obligatoriedad de este derecho de canjeo de los criptoactivos por su valor nominal en la divisa fiduciaria de referencia es la característica más relevante que separa la regulación de las fichas de dinero electrónico del resto de criptoactivos⁸⁹⁵. Al igual que en la normativa del dinero electrónico, el emisor deberá indicar de forma destacada las condiciones del reembolso y solo podrá cobrar comisiones apropiadas y

⁸⁸⁹ BCE, “Opinion of The European Central Bank...”, cit., p. 4.

⁸⁹⁰ Destacan en este sentido: las disposiciones que prescriben la existencia de una correlación entre los criptoactivos en circulación y la reserva de activos; la necesidad de que cada tipo de ficha disponga de su propia reserva de activos, que además estará separada del resto; las normas de custodia, que obligan a segregar los activos de la reserva del resto de los activos del emisor y a encargar su custodia a terceras entidades de crédito, en el caso de los activos distintos de los criptoactivos, y a proveedores de servicios de criptoactivos, si se trata de activos virtuales; la habilitación para invertir en productos seguros los activos de la reserva; la prohibición de reconocer el devengo de intereses a los tenedores de criptoactivos; los términos en los que los emisores establecerán los derechos de los tenedores de estos criptoactivos frente a la reserva; el deber de los emisores de reconocer a los tenedores de las fichas, o bien un derecho de reembolso, o bien un mecanismo que garantice la liquidez de sus inversiones; el deber de reconocer un derecho de reembolso *ex lege* en el caso de que el valor de mercado que tengan que abonar los proveedores de liquidez varíe significativamente en relación con los activos de la reserva y los de referencia, y el deber de celebrar acuerdos contractuales que garanticen la liquidez de estos criptoactivos en los casos de que el emisor decida cesar su actividad, se encuentre inmerso en una liquidación ordenada o se le revoque la autorización. CANALEJAS MERÍN, cit., pp. 7-9.

⁸⁹¹ CANALEJAS MERÍN, cit., p. 9.

⁸⁹² Estas condiciones no resultarán aplicables en el caso de que las fichas de dinero electrónico se utilicen exclusivamente por parte de inversores cualificados y en el supuesto de que el importe de las fichas en circulación no exceda de cinco millones de euros. Vid. art. 43 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

⁸⁹³ GONZÁLEZ DEL CASTILLO, “El futuro reglamento europeo...”, cit., p. 128.

⁸⁹⁴ CANALEJAS MERÍN, cit., p. 10.

⁸⁹⁵ GONZÁLEZ DEL CASTILLO, “El futuro reglamento europeo...”, cit., p. 128.

Las fichas de dinero electrónico disponen de las características propias del dinero electrónico regulado en la Ley 21/2011, de 26 de julio, de dinero electrónico, a saber: consisten en una representación del dinero de curso legal, constituyen un crédito de su titular frente al emisor, pueden emitirse por parte de entidades de dinero electrónico, las unidades monetarias se registran en un soporte electrónico, el titular dispone de un derecho de canje para obtener fondos por un valor nominal equivalente al de las unidades monetarias redimidas y deben aceptarse como medio de pago por parte de sujetos distintos del emisor. MADRID PARRA, cit., pp. 13-17.

proporcionadas a los costes reales en que incurra, y siempre que consten en el libro blanco⁸⁹⁶. Asimismo, se establece una responsabilidad subsidiaria de las entidades que custodien los fondos que respaldan las fichas de dinero electrónico y los distribuidores de estos criptoactivos, para el caso de que los emisores de las fichas no satisfagan las legítimas solicitudes de reembolso en un plazo que no podrá ser superior a 30 días⁸⁹⁷.

La Propuesta de Reglamento MiCA establece, tanto en el caso de las fichas referenciadas a activos como en el de las fichas de dinero electrónico, la prohibición de abonar intereses por la tenencia de activos⁸⁹⁸. Asimismo, la regulación de las fichas significativas de dinero electrónico se remite a la establecida para las fichas significativas referenciadas a activos⁸⁹⁹. Aunque la Propuesta de Reglamento MiCA establece así una convergencia parcial en lo que se refiere a la regulación de las fichas referenciadas a activos y las de dinero electrónico, en tanto que medios de pago que pueden rivalizar con el euro, el BCE propone una mayor equiparación regulatoria entre ambas categorías⁹⁰⁰. La propuesta de regulación unitaria del BCE para fichas referenciadas a activos y de dinero electrónico cobra especial relevancia para aquellos casos de monedas estables que comparten características de ambas categorías de fichas⁹⁰¹.

Conviene realizar ciertos apuntes sobre el proyectado Reglamento MiCA. Así, la Propuesta de Reglamento no ha incluido determinados aspectos de Derecho privado relacionados con los criptoactivos, tales como las cuestiones relacionadas con los conflictos de leyes que se pudieran plantear⁹⁰². Por otro lado, la futura normativa debe establecer criterios que permitan delimitar qué criptoactivos se encuentran sujetos a la normativa del mercado de valores⁹⁰³ y qué régimen

⁸⁹⁶ Art. 44 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

⁸⁹⁷ Art. 44.7 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

⁸⁹⁸ La prohibición buscaría limitar el uso de las criptomonedas como reserva de valor para que su utilidad quede restringida al ámbito de los pagos. CANALEJAS MERÍN, cit., p. 10.

⁸⁹⁹ Art. 52 de la Propuesta de Reglamento MiCA.

⁹⁰⁰ Específicamente, el BCE establece que:

“Las fichas de dinero electrónico y referenciadas a activos tendrían conforme al reglamento propuesto características distintas, inclusive, por lo que respecta a su función principal, la composición de los activos de reserva y los derechos de los titulares. Sobre este particular, existe el riesgo de que, por su uso concreto, unido a la importancia sistémica que pueden adquirir, las fichas de dinero electrónico y referenciadas a activos se equiparasen de hecho a los instrumentos de pago, independientemente de su supuesta función o utilización principal conforme al reglamento propuesto. Si esto sucediera, debería someterse a las fichas de dinero electrónico y referenciadas a activos a requisitos análogos a fin de evitar el riesgo de arbitraje regulador entre ambos regímenes”.

BCE, “Opinion of The European Central Bank...”, cit., p. 3.

⁹⁰¹ La versión de 2020 de Libra, la moneda estable o *stablecoin* de Facebook, se encontraría en esta situación. En 2019, Libra consistía en un proyecto de moneda estable que encajaba en la categoría de “ficha referenciada a activos”, puesto que se anunció el lanzamiento de una nueva unidad de cuenta que gozaría de estabilidad en virtud de la disposición de una reserva de activos. Posteriormente, debido a las suspicacias que el proyecto suscitó entre las autoridades, el proyecto se replanteó. En la propuesta de 2020, Libra se plantea como un proyecto que ofrece dos tipos de monedas estables. La primera constituye una “ficha de dinero electrónico”, en el sentido de que pretende representar una moneda oficial existente, como el euro o el dólar estadounidense. La segunda encajaría en la categoría de “ficha referenciada a activos”, porque se trata de una nueva moneda estable global formada a partir de las distintas fichas de dinero electrónico puestas en circulación. ARNER, D., AUER, R., FROST, J., “Stablecoins: risks, potential and regulation”, *BIS Working Papers*, N 905, (2020), pp. 9-12.

⁹⁰² CANALEJAS MERÍN, cit., p. 11.

No obstante, hay que tener en cuenta que la Propuesta de Reglamento MiCA se limita a establecer normas para asegurar la integridad de los mercados de criptoactivos y la protección de los inversores; se requeriría una reforma transversal del ordenamiento jurídico para llevar a cabo un tratamiento integral de los criptoactivos.

⁹⁰³ La doctrina destaca cómo la ausencia de control previo en la emisión de criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico perjudica la seguridad jurídica con motivo de la posibilidad de que los emisores intenten aprovechar la situación de arbitraje regulatorio. ZETZSCHE et al, “The Markets in Crypto-Assets...”, cit., pp. 12-13

jurídico corresponde a las criptomonedas que no constituyen ni fichas referenciadas a activos ni fichas de dinero electrónico. Por último, la doctrina señala que la intervención que el BCE pretende ejercer sobre las monedas estables para evitar que estas perjudiquen la “soberanía monetaria” de la Eurozona debe coordinarse con las terceras jurisdicciones afectadas, habida cuenta de que las criptomonedas tienen una vocación universal⁹⁰⁴.

3. Las criptomonedas como alternativa al dinero *fiat*

En los últimos años, la mayoría de las autoridades y organismos internacionales han tratado de desincentivar el uso de las criptomonedas tanto por parte del sector privado⁹⁰⁵ como del público⁹⁰⁶. Como ya se ha adelantado, en el caso de Libra se impidió de hecho la posibilidad de que un consorcio de empresas privadas emitiera una moneda estable⁹⁰⁷ e, incluso, la Propuesta de Reglamento MiCA contempla la posibilidad de denegar la autorización de emisión a una moneda estable para el caso de que su circulación supusiera una amenaza grave para la estabilidad financiera, la transmisión de la política monetaria o la soberanía monetaria⁹⁰⁸.

En cualquier caso, resulta necesario analizar si estas injerencias se encuentran justificadas debido al riesgo que las criptomonedas representan para el interés general⁹⁰⁹ o, en cambio, las autoridades deben abandonar esta acción obstructora contra las monedas virtuales y permitir que el dinero fiduciario que respaldan compita con las criptodivisas privadas.

A. Argumentos en contra de las criptomonedas

a. La necesidad del monopolio del banco central en la emisión del dinero

En su trabajo sobre la desnacionalización del dinero, HAYEK argumenta que la presión competitiva garantiza la estabilidad monetaria porque, desde el momento en el que el público

⁹⁰⁴ La territorialización que pretende la Propuesta de Reglamento MiCA no resulta compatible con los intereses públicos de terceras jurisdicciones si no se articulan los mecanismos de cooperación oportunos entre las autoridades concernidas. ZETSCHE et al, “The Markets in Crypto-Assets...”, cit., pp. 26-27.

⁹⁰⁵ En España, como ya se apuntó, se ha modificado el TRLMV para habilitar la regulación de la publicidad de criptomonedas como Bitcoin por parte de la CNMV, a pesar de que las criptomonedas constituyen cryptoactivos a los que no les resulta aplicable la normativa del mercado de valores.

⁹⁰⁶ El Fondo Monetario Internacional (FMI, en adelante) ha reaccionado negativamente a la decisión del gobierno de El Salvador de declarar a Bitcoin moneda de curso legal y promover su uso. En un primer momento, desaconsejó rotundamente la adopción de Bitcoin como moneda nacional. ADRIAN, T., WEEKS-BROWN, R., “Cryptoassets as National Currency? A Step Too Far”, 2021, disponible en <https://blogs.imf.org/2021/07/26/cryptoassets-as-national-currency-a-step-too-far/> (última consulta, el 10.06.2022).

Posteriormente, el FMI habría condicionado el apoyo financiero a un país en vías de desarrollo a la retirada de Bitcoin como moneda de curso legal. BBC, “IMF urges El Salvador to remove Bitcoin as legal tender”, 2022, disponible en <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-60135552> (última consulta, el 10.06.2022).

⁹⁰⁷ Las fuentes relatan cómo los miembros del consorcio se vieron sometidos a una presión digna de Los Soprano para que el proyecto se abandonase. MURPHY, H., STACEY, K., “Facebook Libra: the inside story of how the cryptocurrency dream died”, 2020, disponible en <https://www.swissinfo.ch/eng/facebook-libra-the-inside-story-of-how-the-cryptocurrency-dream-died/47433038> (última consulta, el 10.06.2022).

⁹⁰⁸ Art. 19.2, letra c).

⁹⁰⁹ Me refiero a la prosperidad económica como bien jurídico protegido por la comunidad e identificado como tal. Evito el término interés público en la medida en que este presupone cierta contradicción entre los intereses públicos y privados, y no cabe descartar que una solución “privada” proporcione mejores resultados que la intervención pública en el ámbito económico. Sobre los conceptos de interés general y público, Vid. ACOSTA GALLO, P., “El interés general como principio inspirador de las políticas públicas”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 41, (2016), pp. 14-16.

advierte la pérdida de poder adquisitivo de una divisa, el dinero que sufre un proceso inflacionario deja de utilizarse en beneficio de las monedas que mantienen un valor estable⁹¹⁰.

Sin embargo, la doctrina económica mayoritaria y las autoridades no secundaron la propuesta de HAYEK. Se entendió que una hipotética competencia entre divisas conllevaría que ninguna de las unidades monetarias en circulación pudiera desempeñar correctamente las funciones del dinero (unidad de cuenta, medio de cambio y reserva de valor). El monopolio del banco central sobre la emisión de la base monetaria permite que el dinero fiduciario respaldado por el Estado actúe como una suerte de “lenguaje común” que proporciona a los particulares la información necesaria para guiar su comportamiento económico. En otras palabras, la competencia entre divisas no resulta beneficiosa porque esta podría dificultar el uso del dinero por parte de los operadores económicos, en particular perjudicaría la función de unidad de cuenta del dinero⁹¹¹.

Asimismo, los autores críticos con la propuesta de HAYEK indican que el sector privado tiene incentivos para sobre-emitar dinero si no se garantiza su convertibilidad en un activo de respaldo, de tal manera que los tenedores del dinero fiduciario privado sufrirán la pérdida de su poder adquisitivo⁹¹². Por otro lado, la existencia de externalidades de red y de fallos de mercado podría impedir que el público desechase eficientemente las malas divisas, esto es, resultaría aplicable la Ley de Gresham en el sentido de que las monedas malas expulsan a las buenas del mercado⁹¹³.

En el caso concreto de las criptomonedas, se ha de añadir que su volatilidad les impediría funcionar como dinero, ya que la función de reserva de valor constituiría un requisito para que la moneda sirva como medio de pago generalmente aceptado y unidad de cuenta⁹¹⁴. Es cierto que el problema de la volatilidad, que vendría dado principalmente por la ausencia de un banco central y por una oferta monetaria inelástica, se aborda específicamente por las llamadas monedas estables o *stablecoins*. No obstante, cierto sector doctrinal duda de que los mecanismos de

⁹¹⁰ HAYEK, cit., p. 48.

⁹¹¹ El sistema visionado por HAYEK añadiría complicaciones a la actividad económica al entrañar un proceso de “descubrimiento” de los valores de las divisas y obligar a los agentes privados a operar constantemente con los tipos de cambio.

ISSING, O., “Hayek - currency competition and European Monetary Union”, 1999, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/1999/html/sp990527.en.html> (última consulta el 22.05.2019).

⁹¹² Según M. FRIEDMAN, el monopolio del banco central constituye así la respuesta a la necesidad de establecer un límite técnico a la emisión de dinero fiduciario. Por otro lado, el modelo de FERNÁNDEZ-VILLAVARDE y SANCHES confirma la conjetura de FRIEDMAN de que un sistema monetario basado en dinero fiduciario privado tiende a la inestabilidad de precios, debido a que los empresarios siempre tienen incentivos para emitir unidades monetarias adicionales debido a la ausencia de costes marginales. FRIEDMAN, M., SCHWARTZ, A. J., “Has Government Any Role in Money?” en A.J. SCHWARTZ (Dir.), *Money in Historical Perspective*, National Bureau of Economic Research Books, Cambridge, 1987, pp. 291-292 y FERNÁNDEZ-VILLAVARDE, J., SANCHES, D. R., “Can Currency Competition Work?” *Journal of Monetary Economics*, Vol. 106, (2019), p. 7.

No obstante, debe observarse que este resultado solo se alcanza cuando la oferta monetaria no está limitada. La inclusión de una restricción técnica en la oferta monetaria que el sector privado puede emitir salvaría esta crítica.

⁹¹³ ISSING, “Hayek-currency competition...” cit.

⁹¹⁴ El comerciante que acepta Bitcoin, pero que no está dispuesto a asumir el riesgo de depreciación de la moneda, debe cambiar inmediatamente la criptomoneda por una divisa oficial con valor estable. En idéntica situación se encuentra el consumidor. En consecuencia, tiene lugar una “dolarización” de Bitcoin, en el sentido de que el dinero fiduciario convencional debe intervenir necesariamente en todas las transacciones con Bitcoin. Así, la moneda oficial constituye la verdadera unidad de cuenta. CLAEYS, G., DEMERTZIS, M., EFSTATHIOU, K., “Cryptocurrencies and monetary policy”, *Bruegel Policy Contribution*, N 10, (2018), p. 8 y KONING, J.P. “The dollarization of bitcoin”, 2015, disponible en <http://jpkoning.blogspot.com/2015/06/the-dollarization-of-bitcoin.html> (última consulta, el 13.06.2022).

estabilización de las monedas virtuales consigan afianzar su poder adquisitivo⁹¹⁵. De hecho, la volatilidad no solo perjudica el uso de las criptomonedas como dinero en compraventas, también menoscaba la realización de operaciones financieras y de concesión de crédito⁹¹⁶.

b. Riesgos para la estabilidad financiera

Los últimos años, marcados por el escaso rendimiento de la renta fija⁹¹⁷, han provocado que los inversores busquen nuevas inversiones que proporcionen una rentabilidad que satisfaga sus expectativas. Los cryptoactivos, concepto que incluye a las criptomonedas, constituyen una nueva alternativa de inversión muy atractiva en este contexto por su elevada rentabilidad. No obstante, los activos virtuales ofrecen un rendimiento muy alto a expensas de incurrir también en una elevada volatilidad, de tal manera que los inversores pueden obtener tanto ganancias como pérdidas significativas. La creciente demanda de los cryptoactivos entre los inversores minoristas y las instituciones financieras suscita preocupación entre las autoridades debido al riesgo de que las pérdidas que puedan experimentar los mercados de cryptoactivos se contagien al conjunto del sector financiero, con la posibilidad de poner en riesgo su estabilidad ante la descapitalización que pueda generarse⁹¹⁸. Las vulnerabilidades de los cryptoactivos aumentan la exposición del sistema financiero a sus riesgos, pero también pueden causar grandes pérdidas en los ahorros de los inversores y afectar a la confianza de los operadores económicos en el sector financiero⁹¹⁹.

Asimismo, la sustitución del dinero fiduciario respaldado por el Estado por cryptoactivos podría acentuar los efectos de una crisis financiera. Esto se debe a que las turbulencias financieras podrían dar lugar a una fuga de capitales que, a su vez, provocaría la desintermediación del sector bancario doméstico en favor de la adquisición de cryptoactivos⁹²⁰. Por otro lado, un riesgo específico que presentan las monedas estables se produce con motivo de una deficiente gestión

⁹¹⁵ Esto se debe a que, por el momento, las monedas estables carecen en la mayoría de las jurisdicciones de curso legal y de la posibilidad de extinguir obligaciones tributarias. CLAEYS, DEMERTZIS, EFSTATHIOU, cit., p. 9.

La estabilidad de la *stablecoin* vendrá dada por la eficacia del mecanismo de estabilización utilizado. Esta eficacia depende directamente del grado de innovación del mecanismo de estabilización y de la reputación del emisor o responsable. BULLMANN, KLEMM, PINNA, cit., p. 3.

⁹¹⁶ El préstamo con criptomonedas es muy arriesgado. Esto se debe a que los movimientos en el valor de las divisas puedan superar a los pagos en intereses. En consecuencia, las operaciones de préstamo y crédito tienen que asegurarse con un colateral o garantía muy elevado. Se trata de un contexto que inhibe la formación de mercados financieros profundos. CLARK, J., DEMIRAG, D., MOOSAVI, S., “Demystifying Stablecoins”, *Communications of the ACM*, Vol. 63 N 7, (2020), p. 44 y ⁹¹⁶ FSB, “Assessment of Risks to Financial Stability from Crypto-assets”, 2020, p. 16., disponible en <https://www.fsb.org/2022/02/assessment-of-risks-to-financial-stability-from-crypto-assets/> (última consulta, el 11.06.2022).

⁹¹⁷ A pesar del hecho de que la inversión en bonos proporcione un escaso rendimiento en un escenario de tipos de interés cercanos al cero o incluso negativos, la demanda de estos activos se ha mantenido o incluso ha crecido. La razón estriba en que el estancamiento económico provoca que las alternativas de inversión en la economía no proporcionen un mejor retorno. MISHKIN, cit., p. 152.

No obstante, lo anterior no quiere decir que los inversores más agresivos dejen de buscar activos que proporcionen unas ganancias significativas, a pesar de la necesidad de asumir un mayor nivel de riesgo.

⁹¹⁸ HERMANS, L., IANIRO, A., KOCHANSKA, U., TÖRMÄLEHTO, V.M., VAN DER KRAAIJ, A., VENDRELL SIMON, J., “Decrypting financial stability risks in crypto-asset markets”, *Financial Stability Review*, mayo de 2022, (2022), pp. 114-117.

⁹¹⁹ Sigo la clasificación establecida por el Consejo de Estabilidad Financiera en FSB, “Assessment of Risks...”, pp. 11-13.

⁹²⁰ FSB, “Assesment of Risks...” cit., p. 15.

del mecanismo de estabilización, ya que el pánico de los inversores podría desestabilizar tanto el mercado de criptoactivos como contagiarse al resto del sector financiero⁹²¹.

Por otro lado, el “sistema de pagos”⁹²² en el que se apoyan las criptomonedas también plantea riesgos para sus usuarios que repercuten en la integridad de los mercados, principalmente debido a la falta de una regulación⁹²³ que aporte garantías. En el caso de las criptomonedas, los “proveedores de servicios de pago” vienen dados por las plataformas de intercambio de criptoactivos⁹²⁴.

Por último, en el caso de que el sector bancario operara bajo un sistema de reserva fraccionaria basado en criptomonedas y no dispusiese del apoyo del emisor de dicha moneda virtual como prestamista de última instancia, resultaría mucho más vulnerable a corridas bancarias con potencial para menoscabar la estabilidad financiera⁹²⁵. En contra, podría argumentarse que el mayor riesgo favorece la disciplina del sector bancario⁹²⁶.

c. Riesgos para la política monetaria

En primer lugar, se ha de advertir que las siguientes consideraciones van dirigidas especialmente a las denominadas monedas estables globales o *global stablecoins*⁹²⁷ (GSC, en adelante). Las autoridades y la doctrina mayoritaria consideran que criptomonedas que presentan una alta

⁹²¹ Los emisores de monedas estables que utilizan como mecanismo de estabilización una reserva de activos deben gestionar los riesgos de insolvencia y de liquidez, al igual que una entidad de crédito. FSB, cit., p. 15.

En este sentido, se ha de destacar la necesidad de que estos emisores se sometan a una regulación prudencial que garantice hasta cierto punto el cumplimiento de sus obligaciones con terceros, al igual que ocurre en el caso de las entidades de crédito.

⁹²² El uso de esta expresión viene referida al conjunto de intermediarios que facilitan la operativa con las criptomonedas, no a la infraestructura tecnológica en la que estas se basan.

⁹²³ En la UE se ha abordado expresamente la regulación de las plataformas de intercambio de criptoactivos en la Propuesta de Reglamento MiCA y existe el esfuerzo de adaptar la normativa del mercado de valores a las características específicas de los mercados secundarios en los que se negocian criptoactivos que constituyen valores negociables.

⁹²⁴ Las plataformas de criptoactivos forman así parte del llamado “sistema de pagos en la sombra”, que viene compuesto por una serie de instituciones que proporcionan servicios de depósitos y de pago que operan al margen de la regulación de las entidades de crédito. AWREY, D., VAN ZWIETEN, K., “The Shadow Payment System”, *The Journal of Corporation Law*, Vol. 43, N 4, (2018), pp. 797-800.

Los riesgos a los que se enfrentan estas plataformas son los propios de las entidades de crédito, de insolvencia y de liquidez.

⁹²⁵ Los depósitos bancarios podrían denominarse en criptomonedas en lugar del dinero fiduciario respaldado por el Estado. No obstante, dada la limitación de liquidez existente, las entidades de crédito tendrían más dificultades para cubrir los reintegros demandados. Además, en caso de que el mercado de reservas de criptomonedas dejase de funcionar, las entidades de crédito no podrían acudir al banco central para que prestase la base monetaria demandada. CLAEYS, DEMERTZIS, EFSTATHIOU, cit., pp. 10-11.

⁹²⁶ Las cámaras de compensación que liquidan las obligaciones denominadas en criptomoneda entre las entidades de crédito pueden actuar como prestamistas de última instancia. En los sistemas de banca libre o *free banking*, esta asociación de bancos o cámara de compensación puede sustituir al banco central. Vid. SELGIN “The Theory of...” cit., p. 29.

⁹²⁷ Para el grupo de trabajo del G7 sobre las monedas estables, las *stablecoins* presentan una serie de riesgos que deben afrontarse, muchos de los cuales también se encuentran presentes en otros criptoactivos. Entre ellos se encuentran problemas de inseguridad jurídica, de integridad de los mercados, de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo, etc.

No obstante, las monedas estables que disponen de una gran base de usuarios, normalmente por encontrarse vinculadas a plataformas gestionadas por grandes empresas, y que operan a nivel internacional se califican como GSC porque pueden adquirir una escala global en un breve espacio de tiempo y presentar una serie de riesgos adicionales. Entre dichos riesgos se encuentran aquellos que afectan a la política monetaria. G7 Working Group on Stablecoins, “Investigating the impact of global stablecoins”, *Committee on Payments and Market Infrastructure Papers*, N 187, (2019), p. 8.

volatilidad y las monedas estables que se limitan a funcionar como un puente entre los criptoactivos más volátiles y las entidades de crédito⁹²⁸ no presentan ningún riesgo de sustitución para el dinero fiduciario respaldado por el Estado⁹²⁹.

En segundo lugar, hay que reconocer que los siguientes argumentos se basan en escenarios que no han llegado a producirse, por lo que se trabaja exclusivamente con hipótesis y cualquier conclusión ha de recibirse con cautela. En particular, se estudian las posibles consecuencias de la adopción de la moneda estable que se utiliza como medio de pago y reserva de valor⁹³⁰, aunque también hay que tener en cuenta factores como el hecho de que los ahorros en moneda estable se encuentren remunerados o no con intereses, que la reserva que en su caso utilizase la moneda estable incorpore como activo el dinero fiduciario del banco central de la jurisdicción afectada y la propia estabilidad de la divisa fiduciaria que emite el poder público⁹³¹.

Cabe señalar que, a mayor vinculación entre la GSC y el dinero fiduciario respaldado por el banco central, menor será el impacto sobre la política monetaria⁹³². Uno de los principales canales a través de los cuales las GSC pueden interferir en la política monetaria doméstica viene dado por la afectación de la intermediación bancaria. La desintermediación bancaria que propician las monedas estables consiste en la sustitución de los depósitos bancarios por saldos de monedas estables accesibles a través de carteras digitales o *wallets*. En primer lugar, basta una desintermediación bancaria parcial respecto de los depósitos denominados en la moneda fiduciaria nacional para alterar la política monetaria estatal, porque la reducción de los depósitos afecta al comportamiento de los bancos⁹³³; un escenario de desintermediación bancaria total

⁹²⁸ Estas monedas estables sirven como una reserva de valor temporal para los inversores que quieren deshacer sus posiciones en criptoactivos volátiles. Así, los fondos obtenidos con la venta de los criptoactivos pueden mantenerse en las cuentas del *exchange*, ingresarse en una cuenta bancaria o utilizarse para adquirir monedas estables que permitan limitar las fluctuaciones del valor conseguido. Las dos primeras opciones tienen algunos problemas. En la primera, la plataforma de criptoactivos pueda sufrir un ataque informático. En la segunda, el ingreso de fondos procedentes de los criptoactivos puede despertar suspicacias entre las entidades de crédito, las cuales podrían denegar la captación del depósito con motivo de la aplicación de la normativa de prevención del blanqueo de capitales y financiación del terrorismo. Para evitar a estos intermediarios, los inversores pueden decidir mantener sus fondos en monedas estables. CLARK, DEMIRAG, MOOSAVI, cit., p. 11.

⁹²⁹ Ninguna de estas opciones constituye una alternativa real al dinero fiduciario respaldado por el banco central porque en el mercado no se utilizan como dinero. En el caso de las criptomonedas con oferta inelástica porque se utilizan activo especulativo, mientras que las monedas estables que no se consideran GSC sirven únicamente como puente entre el sistema bancario regulado y las plataformas de criptoactivos.

⁹³⁰ No obstante, no cabe descartar que las monedas estables se utilicen exclusivamente como medio de pago. Esta situación podría producirse debido a los inconvenientes de realizar transferencias internacionales con las infraestructuras actuales, debido a sus altos costes, baja velocidad y falta de transparencia. FSB, “Enhancing Cross-border Payments Stage 1 report to the G20”, 2020, p. 1, disponible en <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P090420-1.pdf> (última consulta, el 13.06.2022).

La infraestructura descentralizada constituye una de las alternativas para articular pagos internacionales minoristas, junto al modelo de banco corresponsal o intermediario, el entrelazamiento de las infraestructuras de pago de diferentes jurisdicciones y la opción de las transferencias intragrupo. Bank for International Settlements, “Cross-border retail payments”, *Committee on Payments and Market Infrastructure Papers*, N 173, (2018), pp. 13-14.

⁹³¹ G7 Working Group on Stablecoins, cit., p. 15.

⁹³² En un caso extremo, las GSC no guardan ninguna relación con la política monetaria doméstica y se produce en efecto una “dolarización” digital o sustitución fiduciaria. En el supuesto opuesto, la moneda estable constituye una “ficha de dinero electrónico” completamente referenciada a la divisa oficial, de tal manera que las decisiones del banco central afectan a los depósitos denominados en la GSC. La transmisión de la política monetaria apenas se ve afectada en el segundo caso. G7 Working Group on Stablecoins, cit., p. 15.

⁹³³ La sustitución de los depósitos bancarios puede incrementar el coste de financiación de las entidades de crédito e incrementar su dependencia de los mercados de capitales, con el resultado de que se encarecería

socava completamente las bases de la política monetaria, ya que esta funciona mediante la influencia que el banco central ejerce en la creación de dinero bancario que tiene lugar con la concesión de crédito. Por otro lado, aunque los efectos de la desintermediación bancaria quedasen limitados, el comportamiento de las entidades de crédito también podría verse afectado si un incremento en la demanda de activos seguros por parte de los emisores de monedas estables provocase un encarecimiento de las reservas que necesita el sector bancario⁹³⁴.

Se ha alegado que la anterior desintermediación bancaria no reduciría el conjunto de los agregados monetarios, aunque sí variaría la composición del sector bancario en favor de los bancos custodios, es decir, aquellos que no aplican los depósitos captados a la concesión de préstamos⁹³⁵. Este argumento no sería válido en el caso de que las monedas estables no utilizasen como mecanismo de estabilización una reserva de activos *off-chain* custodiada por entidades de crédito. Asimismo, hay que tener en cuenta que la inmovilización de los fondos en los bancos custodios perjudicaría la transmisión de la política monetaria, ya que las decisiones de la política monetaria ya no se trasladarían a la economía real y las entidades de crédito que no actúen como meros custodios perderían una fuente de financiación que soporta parte de su actividad de concesión de créditos.

En conclusión, en efecto las GSC podrían llegar a interferir en la ejecución de la política monetaria en caso de que se produzca la desintermediación del sector bancario o la sustitución del dinero fiduciario respaldado por el Estado.

B. Argumentos en favor de las criptomonedas privadas

Los informes oficiales destacan los riesgos e inconvenientes de los distintos usos de los criptoactivos. Los beneficios de la aplicación de las DLTs al dinero y a las finanzas solo pueden darse, según esta retórica, en entornos regulados o en el supuesto de que sea el sector público quien cause la disrupción en el sistema financiero y monetario, principalmente con motivo de la emisión de dinero digital por parte del banco central.

En los siguientes párrafos se expondrán algunos argumentos acerca de los beneficios que proporciona la competencia entre las criptomonedas privadas y el dinero fiduciario respaldado por el Estado. Se distingue entre las criptomonedas cuya oferta no responde a los cambios que experimenta su precio en términos de otras divisas (criptomonedas con oferta inelástica) de las

el coste de los créditos y se afectaría así a la política monetaria. ECB Crypto-Assets Task Force, “Stablecoins: Implications for monetary policy...” cit., p. 19.

En contra, podría alegarse que la desintermediación bancaria provocada por las *stablecoins* podría amplificar la eficacia de la política monetaria, ya que las entidades de crédito serían más dependientes de la financiación del banco central. G7 Working Group on Stablecoins, cit., p. 16.

⁹³⁴ Esta situación únicamente se producirá respecto de las monedas estables que utilicen como mecanismo de estabilización de su precio una reserva de activos, especialmente si se garantiza la convertibilidad de las unidades monetarias en el activo de reserva. ECB Crypto-Assets Task Force, “Stablecoins: Implications for monetary policy...” cit., pp. 20-21.

⁹³⁵ La sucesión de eventos en un escenario de competencia entre depósitos bancarios denominados en dinero fiduciario convencional y saldos de monedas estables en monederos digitales sería la siguiente: el operador económico retira los depósitos de una entidad de crédito para adquirir moneda estable; el gestor de la cartera digital o revendedor autorizado aplica la tasa de cambio y entrega nuevas unidades monetarias de moneda estable a cambio de los fondos de la moneda oficial, y, por último, el gestor o revendedor ingresa los fondos de dinero fiduciario respaldado por el banco central en un “banco custodio”. MALLOY, M., LOWE, D., “Global Stablecoins: Monetary Policy Implementation Considerations from the U.S. Perspective”, *Finance and Economics Discussion Series*, N 20, (2021), p. 4.

Salvo en casos muy concretos, los bancos custodios no pueden dedicar los fondos de dinero fiduciario convencional captados a la financiación de inversiones con vencimientos largos. Esto se debe a que las monedas estables que garantizan su convertibilidad en el activo de reserva se enfrentan a un riesgo de liquidez agravado. LONG, C., “Ten Stablecoin Predictions and Their Monetary Policy Implications”, *Cato Journal*, Vol. 41, N 2, (2021), pp. 311-312.

criptodivisas que ajustan su oferta para limitar las fluctuaciones de su tasa de cambio en relación con otras monedas virtuales (criptomonedas con oferta elástica). Esta distinción se realiza sin perjuicio de que el principal argumento en favor de la competencia monetaria, la imposición de disciplina al banco central⁹³⁶, sea común a ambas clases de cryptoactivos⁹³⁷.

a. Criptomonedas con oferta inelástica

La criptomoneda con oferta inelástica por excelencia es Bitcoin. No obstante, cabría preguntarse si el establecimiento de un límite máximo de unidades monetarias de 21 millones fue intencionado o no. El propio S. NAKAMOTO dio una respuesta a esta cuestión:

*“To Sepp’s question, indeed there is nobody to act as central bank or federal reserve to adjust the money supply as the population of users grows. That would have required a trusted party to determine the value, because I don’t know a way for software to know the real world value of things. If there was some clever way, or if we wanted to trust someone to actively manage the money supply to peg it to something, the rules could have been programmed for that. In this sense, it’s more typical of a precious metal. Instead of the supply changing to keep the value the same, the supply is predetermined and the value changes. As the number of users grows, the value per coin increases. It has the potential for a positive feedback loop; as users increase, the value goes up, which could attract more users to take advantage of the increasing value”*⁹³⁸ (la cursiva es mía).

S. NAKAMOTO reconoce así que sacrificó la estabilidad del valor de la moneda en favor de la descentralización del proyecto, ya que no conocía una forma de ajustar la oferta monetaria sin recurrir a un sujeto que actúe como banco central. La cuestión es si un sistema monetario tendente a la deflación como el propuesto propicia el crecimiento económico. En realidad, no existe una única respuesta, ya que las deflaciones pueden ser buenas o malas para la economía⁹³⁹. Un problema que suscitaría Bitcoin consistiría en que la no disponibilidad de una política monetaria autónoma impediría a las autoridades monetarias combatir las “deflaciones malas” mediante el

⁹³⁶ FERNANDEZ-VILLAYERDE, SANCHES, cit., pp. 14-15.

⁹³⁷ En una economía con competencia monetaria o monedas paralelas, la cuota de mercado de cada divisa vendrá determinada por su poder adquisitivo en términos de tasa de cambio con respecto a la moneda competidora y los costes de cambiar a la alternativa monetaria. No obstante, resulta necesario ponderar el peso de cada variable, la tasa de cambio y los costes de cambio, en la determinación de la cuota de mercado. De esta manera, a mayor poder adquisitivo en términos de tasa de cambio y mayores costes de cambio, existirá una mayor cuota de mercado. A su vez, hay que tener en cuenta que la determinación del poder adquisitivo de cada divisa en términos de tasa de cambio depende principalmente de la cantidad de dinero en circulación de acuerdo con la Teoría Cuantitativa del Dinero. En el extremo, con una alta sensibilidad a los cambios en el poder adquisitivo en términos de tasa de cambio, la divisa “buena” desplaza por completo a la mala. Vid. el modelo desarrollado algebraicamente en profundidad en CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J., DAMRICH, S. y SCHWARTZ, P. “A model of parallel currencies under free floating exchange rates” *Studies in Applied Economics*, N 160, (2020), pp. 8-26.

⁹³⁸ CHAMPAGNE, P., *The book of Satoshi*, e53 Publishing, Nueva York, 2014, p. 106.

⁹³⁹ Una “deflación buena” consiste en que la oferta agregada crece más rápidamente que la demanda agregada, de tal manera que los precios caen con crecimiento económico. En una “deflación mala”, en cambio, la demanda crece en una tasa inferior a la oferta agregada, de tal manera los precios caen en un contexto de recesión económica. La Gran Depresión de los años treinta del siglo pasado y la crisis económico-financiera de 2007-08 son casos de “deflación mala”. Se trata de episodios provocados por una caída significativa de la cantidad de dinero en circulación. No obstante, también han acaecido periodos de deflación “buena” en los que la caída de los precios no ha tenido un impacto negativo sobre el crecimiento económico, tanto bajo el sistema monetario del patrón oro como durante los años de la “Gran Moderación”, esto es, los años de bonanza económica que precedieron a la crisis económico-financiera de 2007-08. BORDO, M. L., LANE, J.L., REDISH, A., “Good versus bad deflation: lessons from the gold standard era”, *NBER Working Paper Series*, N 10329, (2004), pp. 1-2.

aumento de la cantidad de dinero en circulación, como se hizo en la crisis económico-financiera de 2007-08 con el QE⁹⁴⁰.

Asimismo, NAKAMOTO reconoce que Bitcoin tiene el comportamiento económico de un metal precioso, esto es, constituye una suerte de “oro digital”. Esta conclusión requiere, no obstante, ciertas matizaciones. Así, cabe analizar brevemente qué tiene en común y en qué se diferencia Bitcoin del patrón oro.

En primer lugar, se ha calificado a Bitcoin como un “dinero mercancía sintético”. Esto se debe a que, al igual que el oro, es un recurso escaso con costes de producción, pero, al contrario que este, no tiene ningún tipo de valor intrínseco como mercancía⁹⁴¹. No obstante, el sistema monetario de Bitcoin presenta una diferencia crucial con el patrón oro: la oferta monetaria de Bitcoin es completamente invariable a los cambios en el precio de la criptomoneda, mientras que la oferta del oro para el uso monetario sí se veía afectada por la valoración del mercado del metal precioso. En otras palabras, Bitcoin constituye un sistema con oferta monetaria inelástica, mientras que los sistemas monetarios que operaban bajo el patrón oro disponían de mecanismos para ajustar automáticamente el valor de la unidad de cuenta⁹⁴².

En definitiva, la producción u oferta de Bitcoin no puede ajustarse a los cambios de cotización que ocasiona su demanda porque las tasas de emisión son invariables. Esta circunstancia no se producía en el patrón oro. Esta característica ocasiona que Bitcoin sea una criptomoneda intrínsecamente volátil, incluso en el supuesto de que la moneda virtual haya alcanzado en el mercado cierto grado de madurez⁹⁴³.

⁹⁴⁰ No obstante, cabría discutir cuál es el origen de las “deflaciones malas”. De acuerdo con la Escuela Austriaca de Economía, los ciclos económicos son consecuencia de la política monetaria expansiva practicada por los bancos centrales. Por lo tanto, no cabría experimentar una “deflación mala” en caso de prescindir del sistema bancario de reserva fraccionaria y del banco central porque desaparecerían las causas que inician los procesos económicos que culminan en una crisis económica. Sobre los efectos del ahorro voluntario sobre la estructura productiva, Vid. HUERTA DE SOTO, cit., pp. 253-272.

⁹⁴¹ El dinero fiduciario respaldado por el banco central carece también de valor intrínseco como mercancía. No obstante, en este caso su escasez es únicamente contingente, ya que el emisor puede en cualquier momento aumentar su oferta. El banco central tiene incentivos para aumentar la oferta monetaria, a pesar de que esto destruya el poder adquisitivo del dinero, porque el coste marginal de las unidades monetarias es irrisorio en relación con su valor nominal. La diferencia entre el coste marginal y el valor nominal que percibe el emisor por emitir el dinero fiduciario constituye el beneficio obtenido por señoreaje.

Por otro lado, se ha indicado que un emisor monopolista puede decidir convertir un sistema monetario en irremediabilmente escaso, no sometido a incrementos discrecionales por parte del emisor. En este caso, se habla de la “conjetura de Coase”, porque el economista británico propuso que el monopolista de un bien durable se vería obligado a limitar su propia producción para poder vender el bien monopolizado a un precio por encima de su coste marginal. En cualquier caso, se ha de destacar que el hecho que permite hablar de dinero mercancía sintético es que los costes marginales de producción del recurso mantienen a este dinero *naturalmente* escaso, sin necesidad de contención por parte del emisor.

SELGIN, G., “Synthetic commodity money”, *Journal of Financial Stability*, N 17, (2015), pp. 92-95 y COASE, R.H., “Durability and Monopoly”, *Journal of Law and Economics*, Vol. 15, N 1, (1972), pp. 143-149.

⁹⁴² En el corto plazo, los propietarios de oro responden al incremento del precio del metal precioso con la fundición de sus joyas u otros materiales que contengan este elemento químico para venderlo y obtener beneficios. En el largo plazo, las empresas mineras tienen incentivos para aumentar la producción o minado de oro. En conclusión, el oro como patrón en el que se apoyan los sistemas monetarios no tiene una oferta inelástica. Así, mientras que la curva de la oferta monetaria de Bitcoin es recta en todo momento, la del oro es prácticamente plana en el largo plazo. WHITE, L., “How a Bitcoin System is Like and Unlike a Gold Standard”, 2018, disponible <https://www.alt-m.org/2018/01/11/how-a-bitcoin-system-is-like-and-unlike-a-gold-standard/> (última consulta, el 15.06.2022).

⁹⁴³ La asignación de Bitcoin solo podrá acompañar a la demanda agregada mediante cambios en el precio de la criptomoneda, de ahí que sea una criptomoneda volátil incluso en el largo plazo. POLAVIEJA, M., “¿Es bitcoin irremediabilmente volátil?”, 2021, disponible en <https://juandemariana.org/ijm-actualidad/analisis-diario/es-bitcoin-irremediabilmente-volatil/> (última consulta, el 15.06.2022).

Para la Escuela Austríaca de Economía, en cambio, la deflación a la que tiende una criptomoneda con una oferta limitada no supone un problema, ya que cualquier cuantía de dinero satisface las necesidades monetarias de una economía⁹⁴⁴. La postura se sustenta en que la pérdida del nivel de demanda agregada que ocasiona la desaparición del objetivo de inflación en el corto plazo, en tanto que se suprime el principal incentivo para consumir en el presente, se verá compensada en el futuro por el incremento de la demanda de bienes y servicios que propicia el aumento del poder adquisitivo del dinero⁹⁴⁵. Se trata de una preferencia por el largo plazo en lugar del corto.

En consecuencia, las criptomonedas con oferta inelástica resultan adecuadas para impulsar el crecimiento económico desde la perspectiva de la Escuela Austríaca de Economía. No obstante, la doctrina económica mayoritaria se muestra contraria a esta conclusión. Asimismo, hay que tener en cuenta que las conclusiones de la experiencia histórica del patrón oro clásico como sistema monetario de éxito para el crecimiento económico y el comercio internacional no resultan plenamente trasladables a las criptomonedas con oferta inelástica, ya que la volatilidad y la tendencia a la apreciación es mucho más acusada en el caso de las monedas virtuales que en el del oro.

En cualquier caso, la amenaza de sustitución del dinero fiduciario del banco central por estas criptomonedas constituye un incentivo para que los bancos centrales limiten la erosión del poder adquisitivo del dinero. Hay que tener en cuenta que las criptomonedas, al contrario que los depósitos bancarios denominados en moneda extranjera y en oro, no pueden confiscarse por parte de las autoridades de una jurisdicción debido a la naturaleza descentralizada de la infraestructura o red de ordenadores que soportan estos sistemas monetarios.

b. Criptomonedas con oferta elástica

Las monedas estables o *stablecoins* no son únicamente criptomonedas que aspiran a reducir la volatilidad de su valor, también constituyen sistemas monetarios que hacen un uso intensivo de la innovación tecnológica. La íntima conexión entre la tecnología y las monedas estables redundan en que estos sistemas monetarios se caractericen por disponer de una elevada velocidad de circulación⁹⁴⁶. No se trata simplemente de que la naturaleza digital de las criptomonedas facilite la realización de transacciones nacionales e internacionales; pueden utilizarse, además, en el marco de aplicaciones descentralizadas de naturaleza financiera⁹⁴⁷. Asimismo, en el caso de las llamadas GSC, las criptomonedas pueden proporcionar inclusión financiera a aquellas personas sin acceso a cuentas bancarias, pero con disponibilidad de conexión a internet y una cuenta de usuario en una plataforma digital. El dinamismo de las *stablecoins* ha motivado a la doctrina a proponer a las monedas estables como una herramienta de la política monetaria⁹⁴⁸, aunque no hay que confundir esta propuesta con la emisión de dinero digital por parte del banco central.

⁹⁴⁴ La infinita divisibilidad del dinero en unidades monetarias de menor valor nominal permite que los agentes económicos dispongan de dinero para realizar cualquier transacción. AMMOUS, cit., p. 142.

⁹⁴⁵ AMMOUS, cit., p.143.

⁹⁴⁶ Cada moneda estable dispone de una velocidad distinta. No obstante, en el caso más extremo, una unidad monetaria de una moneda estable llega a intercambiarse 914 veces al año, mientras que un dólar estadounidense solo se intercambiaría 109 veces al año. LONG, cit., p. 308.

⁹⁴⁷ Por este motivo, la doctrina califica a este dinero como “programable”. LONG, cit., p. 308.

Recuérdese que Ethereum disfruta de la ventaja competitiva de haber supuesto el primer caso de registro DLT que implementa una criptomoneda nativa y un ecosistema de aplicaciones en el que utilizar dicha moneda.

⁹⁴⁸ La propuesta trata de incluir a las monedas estables en el sector bancario afectado por las decisiones del banco central. LONG, cit., p. 310. En relación con esta sugerencia, cabe imaginar la posibilidad de que el banco central pudiera influir sobre determinadas monedas estables que constituyen una unidad de cuenta independiente, pero cuyo mecanismo de estabilización dependiera en todo o en parte del banco central.

Por otro lado, se ha de indicar cómo entre los efectos económicos de la guerra en Ucrania podría encontrarse el socavamiento del dominio del dólar estadounidense en el sistema monetario internacional con motivo de la confiscación de las reservas internacionales de Rusia⁹⁴⁹. Incluso después del abandono del Sistema de Bretton Woods, que vinculaba a todas las divisas participantes con el oro a través del dólar estadounidense, la moneda de EEUU ha mantenido su hegemonía mundial. No obstante, el hecho de que la liquidez internacional dependa de la disponibilidad de una única divisa nacional provoca tensiones entre los intereses de la jurisdicción que emite la moneda de reserva y los del resto del mundo⁹⁵⁰.

Además de los riesgos que conlleva depender de una única divisa como reserva de valor en el ámbito internacional ante una crisis de credibilidad de este activo monetario, ni el Sistema de Bretton Woods ni el orden monetario vigente han conseguido atajar uno de los principales problemas que menoscaban el comercio internacional. Se trata del hecho de que muchas economías operan con divisas que son inconvertibles⁹⁵¹, de tal manera que los agentes económicos no pueden utilizar su moneda nacional en el extranjero y se ven forzados a adquirir una tercera divisa o a desistir de operar con el sector exterior. La causa de la inconvertibilidad del dinero, así como de otros problemas como la existencia de controles de cambios y de mercados de divisas sumergidos, se encuentra en la financiación de los déficits de la cuenta corriente de la balanza de pagos con la emisión de dinero⁹⁵². Los EEUU, en cambio, son capaces de financiar su déficit de

⁹⁴⁹ El FMI ha alertado de que el dólar estadounidense podría perder importancia en beneficio de alternativas como las monedas estables o el dinero digital de bancos centrales. Reuters, “IMF warns Russia sanctions threaten to chip away at dollar dominance – FT” disponible en <https://www.reuters.com/business/imf-warns-russia-sanctions-threaten-chip-away-dollar-dominance-ft-2022-03-31/> (última consulta, el 16.06.2022).

⁹⁵⁰ Esta contradicción entre los intereses de EEUU y los del resto del mundo en materia monetaria se conoce como “El dilema de Triffin”, y permite entender el fin del Sistema de Bretton Woods. El dilema consiste en que la acumulación de reservas internacionales para asegurar la liquidez por parte del resto del mundo requiere que EEUU tenga un déficit en la cuenta corriente de su balanza de pagos, ya que el hecho de que los EEUU importen más de lo que exportan permite la provisión de liquidez en dólares a los países con superávit en la cuenta corriente. No obstante, la cantidad de dólares estadounidense en el extranjero sobrepasó a las reservas de oro de EEUU, de tal manera que este país no podía satisfacer las demandas de convertibilidad de su divisa en oro. Las necesidades de liquidez de los terceros países crean así desequilibrios en el país de emisión de la moneda de reserva que amenazan la supervivencia del sistema. TRIFFIN, R., “Gold and the dollar crisis: yesterday and tomorrow” *Essays in International Finance*, N 132, (1978), p. 2.

En consecuencia, EEUU se vio obligado a desvincular el dólar estadounidense del oro y permitir la libre fluctuación de los tipos de cambio de las divisas. Esta decisión supuso el fin del Sistema de Bretton Woods, ya este se basaba en la convertibilidad del dólar en oro y en el establecimiento de tipos de cambios fijos entre las divisas.

En el actual sistema monetario internacional basado en el dólar estadounidense como moneda de reserva esta oposición de intereses persiste. Actualmente, la demanda internacional de dólares o de activos seguros denominados en dólares (bonos del Tesoro estadounidense) compromete la solvencia del gobierno de EEUU, ya que este tiene incentivos para endeudarse por encima de niveles prudentes. FARHI, E., GOURINCHAS, P.O., REY, H., *Reforming the International Monetary System*, Centre for Economic Policy Research, Londres, 2011, pp. 15-20.

⁹⁵¹ Según el FMI, la convertibilidad de una divisa hace referencia a que esta puede canjearse libremente por otras monedas de acuerdo con la tasa de cambio de mercado. De esta manera, si solo es posible adquirir divisas “licitamente” en las condiciones que establece el sistema de control de cambios de un gobierno, el dinero de dicha jurisdicción no es convertible. GREENE, J.E., ISARD, P., “Currency convertibility and the transformation of centrally planned economies”, *Occasional Paper*, N 81, (1991), p. 3.

⁹⁵² El proceso por el que una divisa se vuelve inconvertible puede describirse sucintamente en los siguientes términos. En primer lugar, el banco central del país A inunda de liquidez la economía nacional. Con este dinero, las empresas de esta jurisdicción realizan transacciones con operadores económicos de un país B. Las empresas extranjeras que reciben el dinero del país A desean canjearlo por su moneda nacional a través de sus entidades de crédito. Las entidades de crédito cambian los ingresos en divisa extranjera por depósitos denominados en la moneda nacional. El banco central del país acreedor tiene entonces varias opciones.

cuenta corriente con un correlativo superávit en la cuenta financiera⁹⁵³. A su vez, se ha de señalar que el origen de los déficits comerciales que destruyen la convertibilidad de las divisas se encuentra en la fijación de tasas de cambio que no reflejan el verdadero poder adquisitivo de las monedas⁹⁵⁴. Por este motivo, las autoridades son directamente responsables de la inconvertibilidad de sus divisas.

Existen distintas propuestas de reforma del actual sistema monetario internacional. Cabe distinguir entre tres alternativas que no involucran el uso de criptomonedas privadas. En primer lugar, el sistema monetario internacional podría mejorarse a través del establecimiento de mecanismos de cooperación entre las autoridades⁹⁵⁵. En segundo lugar, cabe destacar el establecimiento de una nueva unidad de cuenta gestionada por un organismo internacional que actuaría como moneda de reserva y medio de pago en el ámbito internacional⁹⁵⁶. En tercer lugar,

Primeramente, como forma de ahorro, puede decidir mantener las divisas del país A como reservas internacionales. También puede optar por repatriar las divisas extranjeras a cambio de recuperar el dinero nacional que el banco central del país A utiliza como reservas internacionales. En este segundo caso, hay que tener en cuenta que las reservas internacionales del banco central del país A no son ilimitadas, por lo que la autoridad monetaria perderá la capacidad de entregar divisa extranjera a cambio de su moneda oficial cuando las salidas de reservas internacionales superen a las entradas. La pérdida de la capacidad del banco central del país A de satisfacer las demandas de convertibilidad de la autoridad monetaria del país B provoca que los agentes económicos internacionales dejen de aceptar el dinero del país A, ya que su respectivo banco central no les permite cambiarlo por el dinero que oficialmente circula en su país. GERDES, W.D., *The basics of foreign exchange markets*, Business Expert Press, Nueva York, 2015, pp. 55-58.

⁹⁵³ Existen dos maneras de financiar el déficit en la cuenta corriente, dado que la Balanza de Pagos como documento contable que registra las operaciones internacionales de una economía debe encontrarse siempre en equilibrio. En primer lugar, puede financiarse mediante el superávit en la exportación de saldos monetarios. Este es el caso de los países con moneda inconvertible, ya que el envío de dinero nacional al extranjero conllevará el agotamiento de las reservas internacionales del banco central nacional. En segundo lugar, el déficit comercial puede financiarse mediante un superávit en las operaciones relativas a instrumentos financieros, como las acciones o los bonos. En esta situación se encuentra EEUU, ya que el dinero que entrega a cambio de las importaciones lo recupera a través de la venta de sus rentables instrumentos financieros. GERDES, cit., pp. 22-24.

⁹⁵⁴ Las tasas de cambio no siempre reflejan el poder adquisitivo real de las divisas. Por este motivo, se distingue entre la tasa de cambio nominal y la real. La diferencia en el poder adquisitivo de las divisas fomenta que los operadores económicos se dirijan a aquellas economías donde su dinero tiene un poder de compra mayor. CATÃO, L., “Real Exchange Rates: What Money Can Buy”, 2020, disponible en <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/basics/realex.htm> (última consulta, el 17.06.2022).

⁹⁵⁵ Se trata del establecimiento de líneas de liquidez de reservas internacionales entre bancos centrales y por parte del FMI. De especial relevancia es el papel de este organismo internacional, puesto que la emisión de sus derechos especiales de giro y su actuación como “prestamista de última instancia” en el ámbito internacional asegura cierta disponibilidad de reservas internacionales. FARHI, GOURINCHAS, REY, cit., pp. 31-49 y MISHKIN, F.S., “The international lender of last resort: what are the issues?”, 2020, pp. 11-12, disponible en <https://www0.gsb.columbia.edu/faculty/fmishkin/PDFpapers/00KIEL.pdf> (última consulta, el 17.06.2022).

⁹⁵⁶ La idea está inspirada en la visión de J.M. KEYNES sobre el sistema monetario internacional posterior a la Segunda Guerra Mundial. La propuesta del economista británico se descartó en favor del dólar estadounidense como moneda de reserva y pilar sobre el que se establecía el Sistema de Bretton Woods. Existen distintas versiones de esta línea de trabajo. Así, se ha llegado a proponer una *unidad de cuenta internacional sintética*, esto es, una moneda que consiste en una cesta de distintas divisas, con la naturaleza propia de los derechos especiales de giro del FMI. También cabría plantear una nueva divisa internacional —pública— que circule junto al dinero fiduciario que respaldan los bancos centrales en un régimen de competencia monetaria. DORRUCI, E., MCKAY, J., “The International monetary system after the financial crisis”, *Occasional Paper Series*, N 123, (2011), pp. 34-35.

No obstante, se ha de advertir que KEYNES pensó en el *bancor*, la nueva unidad monetaria internacional, únicamente como una moneda para efectuar liquidaciones en el marco de un sistema de pagos internacional en el que participarían los distintos bancos centrales nacionales. Asimismo, una de las finalidades de su propuesta consistía en forzar los ajustes en las balanzas de pago de las distintas economías a través del establecimiento de un mecanismo de cooperación que penalizase tanto a los países con déficitarios como a

determinadas jurisdicciones podrían emitir dinero digital para plantear oposición a la hegemonía del dólar estadounidense, principalmente debido al interés geopolítico⁹⁵⁷.

Si bien es cierto que estas medidas podrían solucionar total o parcialmente los fallos del actual sistema monetario internacional, cabe señalar que también adolecen de ciertos defectos que podrían imposibilitar su implementación o, incluso, determinar que estos remedios resulten en realidad más perjudiciales para el comercio internacional y las libertades económicas que el orden establecido. Así, las dos primeras opciones se enfrentan al problema de que requieren mucha cooperación política. En el tercer caso, en cambio, hay que tener en cuenta que el uso geopolítico del dinero digital del banco central podría acabar en una política de bloques capaz de poner en riesgo la globalización, una realidad que hemos empezado a experimentar con motivo de la invasión de Ucrania.

Otra alternativa menos explorada en lo que se refiere a la mejora del funcionamiento del sistema monetario internacional viene dada por la generalización del uso de las criptomonedas privadas, aquellas que no ha emitido un banco central u otra autoridad. Evidentemente, las criptomonedas de oferta inelástica como Bitcoin pueden utilizarse para soslayar los problemas de inconvertibilidad y los controles de cambios que inhiben el comercio internacional.

No obstante, las GSC vinculadas a grandes plataformas podrían constituir la alternativa óptima al *status quo*. Este podría haber sido el caso de Libra si se hubiese permitido su circulación. Así, las GSC podrían facilitar la participación de cualquier agente económico en un área monetaria digital de carácter internacional⁹⁵⁸ que permitiría la realización de transacciones económicas en una única divisa y que, además, se encontraría desvinculada de las condiciones económicas particulares de las economías en las que operara. De esta manera, se eludirían los costes de transacción y el riesgo de tipo de cambio relacionados con la operatoria con divisas extranjeras cuando se acude a los mercados internacionales. Asimismo, la plataforma podría proporcionar una serie de servicios adicionales que hagan uso de la innovación tecnológica para aumentar la utilidad de sus usuarios⁹⁵⁹.

aquellos con superávit. KEYNES, J.M., “Proposals for an International Clearing Union”, en J.K. HORSEFIELD (Ed.), *The International Monetary Fund 1945-1965*, The International Monetary Fund, Washington, 1969, pp. 3-36.

⁹⁵⁷ China ya ha presentado el conocido como yuan digital. El temor de las autoridades occidentales consistiría en que los países dependientes económicamente del gigante asiático podrían adoptar este dinero digital como reserva y medio de pago internacional. Se plantea que los bancos centrales del bloque político de occidente podrían emitir sus propias unidades monetarias digitales para tratar de contrarrestar la influencia de esta potencia económica. MUÑOZ GARCÍA, A., “Hacia un euro digital”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, p. 152.

⁹⁵⁸ BRUNNERMEIER, JAMES, cit., p. 2.

⁹⁵⁹ Recuérdese que las *stablecoins*, al contrario que las divisas tradicionales, constituyen un caso de divisa *programmable*. Long, cit., p. 308.

CAPÍTULO VI. LA REACCIÓN DE LOS BANCOS CENTRALES

1. El dinero digital de los bancos centrales. Una visión general

A. Concepto, naturaleza y contexto

Actualmente, el dinero del banco central existe tanto en forma de efectivo como en formato digital. No obstante, el acceso al dinero digital del banco central se encuentra restringido⁹⁶⁰. El público general accede normalmente al dinero digital con la apertura de cuentas en entidades de crédito⁹⁶¹. Sin perjuicio de que el acceso del público al balance del banco central mediante medios electrónicos concentre el interés de la doctrina y de las autoridades, debe señalarse que el dinero digital del banco central, o *central bank digital currency* (CBDC, en adelante), simplemente supone ampliar la disponibilidad de las obligaciones de la autoridad monetaria que se utilizan como dinero, con independencia de que su uso quede limitado a operaciones entre determinadas instituciones financieras o de que se convierta en un nuevo medio de pago a disposición de cualquier operador económico⁹⁶². Se trata así de abarcar tanto al llamado CBDC mayorista, de uso restringido a determinadas entidades, como al CBDC minorista o disponible para todos los agentes económicos.

En cuanto a su naturaleza, cabe advertir de que, más allá de que el CBDC constituya jurídicamente una obligación del banco central en lugar de un pasivo de una entidad de crédito⁹⁶³ en un soporte digital, sus principales características dependerán del modelo o diseño de CBDC que cada jurisdicción monetaria decidiera implementar. Es más, el llamado CBDC minorista o disponible para el público general podría carecer de curso legal si el ordenamiento jurídico no le reconoce expresamente esta prerrogativa⁹⁶⁴. Las autoridades monetarias afirman que el carácter del CBDC como deuda del banco central, al contrario que los depósitos bancarios, determina que el nuevo dinero digital carezca de riesgo⁹⁶⁵. En contra, se ha dicho que todo dinero, tanto el dinero bancario

⁹⁶⁰ El dinero digital del banco central existe desde hace décadas. No obstante, únicamente se da en forma de reservas que los bancos comerciales y otras instituciones financieras mantienen en depósitos del banco central. KUMHOF, M., NOONE, C., “Central bank digital currencies —design principles and balance sheet implications”, *Bank of England Staff Working Paper*, N 725, (2018), p. 4.

⁹⁶¹ También existe la posibilidad de utilizar el dinero electrónico regulado en la Ley 21/2011.

⁹⁶² En contra, el Consejo de Gobernadores de la FED identifica al CBDC con las obligaciones monetarias de la Reserva Federal que se encuentran disponibles para el público general en formato digital. De esta manera, el Consejo de Gobernadores acota de manera excesiva el concepto de CBDC, al excluir a las nuevas modalidades de base monetaria que únicamente se encuentran a disposición de determinadas entidades financieras. Consejo de Gobernadores del Sistema de Reserva Federal, “Money and Payments: The U.S. Dollar in the Age of Digital Transformation Money and Payments: The U.S. Dollar in the Age of Digital Transformation”, 2022, p. 3, disponible en <https://www.federalreserve.gov/publications/files/money-and-payments-20220120.pdf> (última consulta, el 21.06.2022).

⁹⁶³ Recuérdese que la doctrina ha puesto de relieve la inadecuación de la calificación del dinero del banco central como una deuda del Estado, puesto que el banco central no se encuentra obligado actualmente a convertir su dinero en un activo de respaldo. KUMHOF, ALLEN, BATEMAN, LASTRA, GLEESON, OMAROVA, cit., p. 3.

⁹⁶⁴ En este sentido se pronuncia el primer informe del banco central sueco, el Sveriges Riksbank, sobre el CBDC. La autoridad sueca observa que este estatus legal para el CBDC minorista procede en caso de que se pretenda favorecer al dinero digital del banco central frente al de las entidades de crédito. Sveriges Riksbank, “The Riksbank’s e-krona Project. Report 1”, 2017, p. 36, disponible en <https://www.riksbank.se/en-gb/payments--cash/e-krona/e-krona-reports/e-krona-project-report-1/> (última consulta, el 22.06.2022).

⁹⁶⁵ Es recurrente encontrar en los informes de las autoridades sobre el CBDC que uno de los motivos que justifica que los bancos centrales emitan dinero en formato digital reside en la necesidad de proporcionar a los agentes económicos dinero sin riesgo, especialmente en aquellas economías en las que disminuye el uso del efectivo debido a la digitalización de los pagos. Así, el Sveriges Riksbank destaca que el *decashing* o

como las criptomonedas, debe percibirse como un activo sin riesgo al menos en el corto plazo, debido a su capacidad para extinguir deudas monetarias de un importe nominal equivalente inmediatamente⁹⁶⁶. Por otro lado, hay que tener en cuenta que, tanto el dinero del banco central como el dinero bancario denominado en este, se enfrentan a la posibilidad de que se produzca la pérdida de su poder adquisitivo, caso en el que ambos dejarán de percibirse como activos sin riesgo⁹⁶⁷.

Cabe analizar el uso de la expresión “criptomonedas del banco central” para referirse al CBDC. En primer lugar, se ha de destacar la manifiesta incomodidad de los bancos centrales con la posibilidad de relacionar su dinero digital con los criptoactivos⁹⁶⁸. A pesar de que la investigación sobre el CBDC haya cobrado un notable impulso con motivo del interés que suscitan las criptomonedas, ciertamente el CBDC puede configurarse de tal manera que guarde divergencias considerables en relación con los criptoactivos. Principalmente, el hecho de no utilizar una infraestructura descentralizada con las características de la red de Bitcoin separaría al CBDC de los criptoactivos privados⁹⁶⁹. Asimismo, hay que tener en cuenta que la emisión del CBDC es necesariamente un monopolio del banco central, mientras que muchas criptomonedas se minan o emiten en un régimen competitivo por parte de una serie de productores privados⁹⁷⁰. No obstante, también existe la posibilidad de plantear el CBDC como una representación digital del efectivo, es decir, disponerlo sobre una infraestructura descentralizada⁹⁷¹. La preferencia por un CBDC que utiliza una infraestructura centralizada sugiere, en consecuencia, que la disminución del uso del efectivo no es el principal motivo que empuja a los bancos centrales a considerar su emisión⁹⁷².

Asimismo, cabe analizar el contexto en el que se enmarca el debate sobre el CBDC. Así, una cuestión estrechamente relacionada con el CBDC viene dada por la discusión acerca de la conveniencia de la retirada del efectivo, o *decashing*. En este sentido, algunos economistas han propuesto discontinuar el efectivo como medida para eliminar el refugio de los ahorradores frente a la política monetaria de intereses negativos que busca estimular la inflación y evitar el uso de

disminución del uso del efectivo elimina la posibilidad de ahorrar y pagar en dinero sin riesgo del banco central, lo cual puede afectar en última instancia a la resiliencia del sistema de pagos. Sveriges Riksbank, “The Riksbank’s e-krona Project. Report 1...” cit., p. 4.

⁹⁶⁶ GLEESON destaca cómo cabe tratar al dinero como un activo seguro incluso cuando procede de emisores que adolecen de riesgo de insolvencia e iliquidez en virtud de la posibilidad de gastar su valor nominal inmediatamente. GLEESON, cit., p. 79.

⁹⁶⁷ GLEESON, cit., p. 81.

Por su parte, las criptomonedas que constituyen activos nativos de un registro DLT, es decir, que carecen de un emisor concreto, se enfrentan a un genuino *riesgo de moneda*. A diferencia del caso del dinero del banco central y del dinero bancario denominado en este, este riesgo no hace referencia a la posible insolvencia o falta de liquidez del emisor, sino al hecho de que la criptomoneda no se admita como medio de extinción de deudas monetarias por su valor nominal por terceros. GLEESON, cit., p. 84.

⁹⁶⁸ En sus materiales de difusión, el BCE destaca las diferencias entre el euro digital y Bitcoin con el título “¿Por qué un euro digital no sería un criptoactivo?”. BCE, “un euro digital”, disponible en https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/html/index.es.html (última consulta, el 22.06.2022).

⁹⁶⁹ Principalmente, BERENTSEN y SCHÄR consideran especialmente preocupante el daño reputacional que podrían sufrir los bancos centrales por el posible uso del CBDC descentralizado para el blanqueo de capitales y la financiación del terrorismo, con motivo del (pseudo)anonimato que proporcionan las criptomonedas. BERENTSEN, A., SCHÄR, F., “The Case for Central Bank Electronic Money and the Non-case for Central Bank Cryptocurrencies”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, Vol. 100, N 2, (2018), pp. 103-104. No obstante, cabe preguntarse por qué el uso del efectivo como medio para blanquear dinero, financiar el terrorismo y evadir impuestos no despierta este recelo.

⁹⁷⁰ BERENTSEN, SCHÄR, cit., p. 104.

⁹⁷¹ Por esta razón, el Banco de Inglaterra señala que podemos pensar en el CBDC como en una versión digital del efectivo. No obstante, advierte que sus características dependerán del diseño final que se pretenda implementar. Bank of England, “Central Bank Digital Currency Opportunities, challenges and design”, 2020, p. 5, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper> (última consulta, el 22.06.2022).

⁹⁷² Recuérdese que el efectivo también funciona sobre una base descentralizada: no existe ninguna entidad central que deba verificar los cargos y abonos en las cuentas de los operadores económicos.

los billetes y monedas como medio de pago en transacciones ilegales⁹⁷³. El CBDC centralizado al que se ha hecho referencia anteriormente parece más alineado con esta concepción que con la defensa del mantenimiento del efectivo. En segundo lugar, el interés por el CBDC ha coincidido con el auge de los criptoactivos. Los bancos centrales pueden haberse sentido compelidos a aplicar la innovación tecnológica, o simplemente a incrementar la digitalización del dinero, para aplacar la demanda de criptomonedas competidoras. Sin embargo, conviene recordar que el mayor enemigo del dinero fiduciario respaldado por el banco central no es otro que las políticas de represión financiera⁹⁷⁴, entre las cuales se encuentra la aplicación de intereses negativos, y la pérdida del poder adquisitivo de la moneda a través de la inflación.

B. Posibles diseños y finalidades del CBDC

a. Diseños

De acuerdo con la clasificación de KUMHOF y NOONE⁹⁷⁵, cabe distinguir entre tres modelos de CBDC.

En primer lugar, cabe identificar un CBDC cuya disponibilidad se encuentre limitada en favor de determinadas instituciones financieras. Este CBDC no supone un cambio sustancial respecto del actual dinero del banco central, puesto que resulta asimilable a las reservas utilizadas por las entidades financieras⁹⁷⁶ en el marco de los vigentes sistemas de liquidación bruta en tiempo real de los bancos centrales, o *Real-Time Gross Settlement* (RTGS, en adelante)⁹⁷⁷. Por tanto, el llamado *wholesale* CBDC o dinero digital del banco central mayorista únicamente entraña una mejora de los sistemas de pago gestionados por los bancos centrales. Este CBDC puede perfeccionar la realización de pagos nacionales e internacionales, aunque es en este último caso donde un CBDC mayorista podría aportar mayor valor⁹⁷⁸. El CBDC para pagos internacionales puede constituirse sobre una plataforma o esquema bilateral⁹⁷⁹; el mayor interés, no obstante, reside en hallar una solución tecnológica universal de la cual puedan beneficiarse todos los

⁹⁷³ ROGOFF, K.S., “Cost and benefits to phasing out Paper Currency”, en J. PARKER Y M. WOODFORD (Eds.), *NBER Macroeconomics Annual 2014, Volume 29*, University of Chicago Press, Chicago, 2014, pp. 446-453. Otros economistas señalan que las políticas que buscan reprimir el uso del efectivo para facilitar la aplicación de intereses negativos o descuentos sobre los ahorros constituyen un estímulo muy eficaz para fomentar la sustitución monetaria en favor de otras alternativas que no entrañen dicha penalización. BROWN, cit., pp. 156-158.

⁹⁷⁴ Unos tipos de interés cercanos al cero o negativos privan de la posibilidad de protegerse de la inflación mediante los instrumentos de ahorro tradicionales, especialmente en una etapa de alta inflación. El ciudadano se ve abocado, bien a invertir en instrumentos financieros de riesgo, bien a consumir. Vid. El Confidencial, “Represión financiera en acción: un depósito al 0,6% con IPC al 5% basta para romper el mercado”, 2021, disponible en https://www.elconfidencial.com/mercados/2021-11-17/represion-financiera-ahorro-depositos-inflacion-ipc_3325309/ (última consulta, el 22.06.22).

⁹⁷⁵ KUMHOF, NOONE, cit., pp. 18-21.

⁹⁷⁶ KUMHOF, NOONE, cit., p. 10.

⁹⁷⁷ Un sistema de liquidación bruta en tiempo real constituye una infraestructura que permite liquidar los pagos interbancarios al instante y en cuantías brutas. Liquidación en tiempo real significa que no hay tiempos de espera, porque las transacciones se liquidan conforme se procesan. Liquidación bruta implica que las transacciones se liquidan individualmente, sin necesidad de que su importe se compense con otras transferencias. Por último, se ha de destacar que en estos sistemas la liquidación da lugar a pagos que son irrevocables. ARSLANIAN, H., *The book of crypto*, Palgrave Macmillan, Cham, 2022, p. 186.

⁹⁷⁸ ARSLANIAN argumenta que los sistemas RTGS actualmente empleados son suficientes para gestionar con eficacia los pagos interbancarios nacionales. ARSLANIAN, cit., p. 187.

⁹⁷⁹ Los casos de los proyectos Stella, coordinado por el BCE y el Banco de Japón; el Inthanon-LionRock, gestionado por la Autoridad Monetaria de Hong Kong y el Banco de Tailandia, y Jura, entre el Centro de Innovación financiera del Banco de Pagos Internacionales y los bancos centrales de Francia y Suiza, responden a esta fórmula. ARSLANIAN, cit., pp. 188-194.

sistemas de pagos a nivel mundial⁹⁸⁰. Es interesante observar cómo se afirma que este CBDC mayorista podría resolver mejor los problemas que afectan a los pagos internacionales que las GSC, ya que el dinero del banco central no adolecería de los riesgos del dinero privado⁹⁸¹. Debe objetarse a esta afirmación que el uso de CBDC para pagos internacionales no tiene por qué evitar los problemas de balanza de pagos que afectan a los sistemas monetarios⁹⁸².

En segundo lugar, cabe plantear un CBDC que se encuentre disponible para todos los agentes económicos sin intermediación bancaria. No obstante, la provisión de este CBDC puede responder a dos esquemas distintos. Así, en primer lugar, cabe plantear que los consumidores y las empresas pueden abrir cuentas de depósito directamente en el banco central para disponer de saldos de CBDC. En segundo lugar, otra alternativa viene dada por que el banco central emita unidades monetarias digitales de CBDC (*tokens* de pago o criptomoneda) asimilables al efectivo digital⁹⁸³. Una diferencia fundamental entre estos dos esquemas de CBDC sin intermediación reside en el objeto de la verificación de las transacciones: en el primer caso, se comprueba la identidad de los titulares de los depósitos; en el segundo, la autenticación recae sobre la propia unidad monetaria que se pretende gastar para evitar su falsificación⁹⁸⁴. Conviene destacar que no constituye una novedad el hecho de que un ente del sector público compita con el privado en lo que se refiere a la captación de depósitos⁹⁸⁵.

En tercer lugar, cabe emitir un CBDC que sirva como medio general de pago para la actividad económica con intermediación bancaria, es decir, el suministro del CBDC a los hogares y empresas no financieras se produciría a través de una serie de entidades elegibles. A su vez, dentro de esta categoría resulta necesario distinguir entre el CBDC intermediado y el CBDC que responde al modelo de *narrow bank*. En cuanto al primero, también llamado CBDC de dos capas

⁹⁸⁰ Existen distintas opciones para mejorar los pagos internacionales, las cuales pueden clasificarse en función de la mayor o menor integración de los sistemas de pagos. Así, un primer modelo simplemente trata de mejorar la compatibilidad entre los distintos sistemas de pago nacionales con medidas como la estandarización de las soluciones técnicas empleadas. En segundo lugar, cabe plantear una vinculación de los sistemas de pagos que permita que estos se comuniquen directamente, aunque sin comprometer la independencia de las estructuras bancarias nacionales. Por último, podría promoverse la integración de todos los sistemas nacionales en una única infraestructura de pagos internacional, es decir, el modelo consiste en plantear un sistema de pagos internacional que trabaje con varias divisas. AUER, R., HAENE, P., HOLDEN, H., “Multi-CBDC arrangements and the future of cross border payments”, *BIS Papers*, N 115, (2021), pp. 4-7.

⁹⁸¹ AUER, HAENE, HOLDEN, cit., p. 2.

⁹⁸² Recuérdese que las divisas se vuelven inconvertibles cuando los déficits de la cuenta corriente de la balanza de pagos se financian con el envío de dinero nacional, ya que esto agotará las reservas internacionales del banco central doméstico. Asimismo, este problema también causa los controles de capitales y otras medidas gubernamentales que restringen el comercio internacional.

⁹⁸³ El Riksbank clasifica al primer caso de CBDC directo o sin intermediación como un CBDC basado en un registro o cuenta (*register-based* o *account-based*). El banco central gestiona directamente las cuentas de CBDC, de ahí que este dinero del banco central consista simplemente en entradas en un registro al igual que el dinero bancario. En el segundo caso, en cambio, el CBDC residiría en un medio que controla directamente el usuario. Así, este segundo CBDC funcionaría de forma similar al efectivo, porque el propio *token* de CBDC se almacenaría en una tarjeta prepago o en un dispositivo electrónico de su titular. Sveriges Riksbank, “The Riksbank’s e-krona Project. Report 1...” cit., pp. 19-21.

⁹⁸⁴ Committee on Payments and Market Infrastructures, *Central bank digital currencies*, Bank for International Settlements, Basilea, 2018, p. 4.

⁹⁸⁵ SELGIN critica al CBDC con motivo del precedente del Sistema Postal de Ahorros de EEUU. La crítica se sustenta en que la existencia de una alternativa más segura al dinero de las entidades de crédito favorecería la desintermediación financiera, es decir, la fuga de los depósitos bancarios, especialmente en épocas de inestabilidad financiera. Así, la existencia del Sistema Postal de Ahorros atraería depósitos procedentes de las entidades de crédito, que verían menguadas sus reservas. SELGIN, G., “Central Bank Digital Currency as a Potential Source of Financial Instability”, *Cato Journal*, Vol. 41, N 2, (2021), p. 337.

(*two tier*)⁹⁸⁶, la distribución del CBDC, e, incluso, en determinadas implementaciones⁹⁸⁷, el registro de su circulación se encomienda a las entidades de crédito y otras instituciones financieras⁹⁸⁸. La novedad del CBDC intermediado respecto al sistema actual reside en que en todo momento el CBDC constituiría una “obligación” del banco central en formato digital, en lugar de un pasivo de una entidad de crédito. Cabe destacar que el CBDC intermediado presenta ventajas operativas y legales frente al llamado CBDC directo⁹⁸⁹.

Una mención especial requiere el CBDC que responde al modelo de *narrow bank*⁹⁹⁰. En este supuesto de CBDC con intermediación financiera, el dinero electrónico que el público usa como medio de pago no es CBDC. El CBDC viene dado por las reservas de las instituciones financieras que se encuentran depositadas en cuentas del banco central; las reservas de CBDC respaldan por

⁹⁸⁶ En estos modelos de CBDC, el banco central se ocupa de la capa superior o sistema interbancario mayorista, mientras que las entidades de crédito u otras entidades financieras con acceso al banco central gestionan los pagos a un nivel minorista. Hong Kong Monetary Authority, “e-HKD: A technical perspective”, pp. 10-11, disponible en https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-functions/financial-infrastructure/e-HKD_A_technical_perspective.pdf (última consulta, el 24.06.2022).

⁹⁸⁷ El modelo de CBDC intermediado tiene diversas implementaciones, según la responsabilidad que asuma el sector privado en cuanto a la distribución y circulación del CBDC. Así, cabe hablar de una variante con una intermediación mínima en la que las entidades de crédito se limitan a gestionar las interfaces de los usuarios y a llevar a cabo los procesos de diligencia debida; de un modelo híbrido en el que tanto las entidades de crédito como el banco central tienen acceso al registro en el que se inscriben los pagos minoristas, y un modelo de intermediación “puro” en el que el banco central solo procesa los saldos monetarios a un nivel mayorista, es decir, sin acceder a los detalles sobre los pagos minoristas. Hong Kong Monetary Authority, “e-HKD...” cit., pp. 11-12.

⁹⁸⁸ ARSLANIAN, cit., pp. 218-219.

⁹⁸⁹ Algunos bancos centrales se pueden enfrentar a problemas legales para implementar el CBDC directo o sin intermediación, en la medida en que sus estatutos jurídicos no les autoricen a captar depósitos del público. Asimismo, el modelo con intermediación permite aprovechar la infraestructura e innovación del sector financiero privado sin comprometer su viabilidad. Consejo de Gobernadores del Sistema de Reserva Federal, “Money and Payments...” cit., pp. 13-14.

⁹⁹⁰ El modelo de *narrow bank* se opone al sistema de reserva fraccionaria con la finalidad de contener las expansiones monetarias que puedan desembocar en una crisis financiera o en una recesión económica. Para alcanzar este objetivo, se impide que los depósitos bancarios puedan utilizarse para otra cosa que no sean pagos. En consecuencia, la aplicación de los ahorros del público a la concesión de crédito queda prohibida. Con motivo de la Gran Depresión de los años 30 del siglo pasado, se presentó el “Chicago Plan”. La propuesta pretendía lograr una transición hacia un sistema financiero en el que el dinero estuviera libre de deuda y fuera un monopolio absoluto del Estado. El cambio permitiría evitar el surgimiento de ciclos económicos ligados a la expansión y contracción de la cantidad de dinero en circulación, eliminar la posibilidad de que ocurran corridas bancarias y reducir la deuda pública y privada como consecuencia de que la creación de dinero ya no requeriría la asunción de deuda por parte de algún agente económico. BENES, J., KUMHOF, M., “The Chicago Plan Revisited” *IMF Working Paper*, N 202, (2012), p. 4 y pp. 17 y 20.

A pesar de los beneficios de la medida en materia de estabilidad financiera y como política anticíclica, cabe analizar qué ocurre con la financiación de la economía. Y es que en un modelo de *narrow banking* la concesión de crédito debe correr a cargo de fondos de inversión o de bancos financiados exclusivamente con capital. El capital de estas entidades, al contrario que los depósitos a la vista, no resulta convertible en efectivo. Es cierto que los inversores disponen de los mercados secundarios para conseguir deshacer sus posiciones. No obstante, el depositante goza de una liquidez muy superior al inversor. Por este motivo, es razonable considerar que en un modelo de *narrow banking* la cantidad de dinero destinado a la financiación será inferior por el deseo del público de disponer de activos monetarios líquidos, es decir, el porcentaje de los ingresos que se dediquen a los depósitos constituye dinero que no podrá utilizarse para conceder crédito. FERRERAS GARUCHO, D., “Narrow banking: análisis y crítica de una propuesta radical para resolver la inestabilidad financiera”, 2019, pp. 26-27, disponible en <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/28607/TFG%20-%20Ferrer%20Garucho%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (última consulta, el 24.06.2022).

Incurriría en una grave contradicción la autoridad monetaria que apostase por este CBDC sintético inspirado en la propuesta de *narrow banking* cuando los bancos centrales han tenido que recurrir constantemente al QE para recuperar la cantidad de dinero en circulación como consecuencia de la disminución del crédito.

completo al dinero electrónico que se usa como medio de pago en la economía real⁹⁹¹. Estas particularidades justifican que la doctrina se refiera a esta propuesta de *narrow bank* aplicada al dinero electrónico como CBDC sintético⁹⁹². Se ha de advertir que en muchos informes se concibe que este CBDC sintético circula junto al dinero bancario que constituye una obligación de una entidad de crédito⁹⁹³, circunstancia que contrasta con el sentido original de la propuesta de *narrow bank*.

Por último, existen otras decisiones de diseño relevantes que se han de adoptar sobre el CBDC. El informe del BCE sobre el euro digital constituye una buena muestra de los aspectos que hay que contemplar. Así, la privacidad de las transacciones, la (des)incentivación del acaparamiento del CBDC, los servicios auxiliares vinculados o el posible uso sin conexión a internet, etc⁹⁹⁴.

b. Posibles finalidades y filosofías del CBDC

El diseño del CBDC debe responder a dos cuestiones esenciales⁹⁹⁵. En primer lugar, si tiene una accesibilidad universal o restringida. En segundo lugar, si el nuevo dinero del banco central se transfiere a partir de una arquitectura tecnológica descentralizada o centralizada⁹⁹⁶. Asimismo, resulta necesario considerar si el acceso al CBDC es directo o intermediado.

No obstante, resta por analizar qué pretenden los bancos centrales con la emisión de CBDC. Las posibles finalidades y filosofías del CBDC se dilucidan a partir del criterio de su incidencia en la desintermediación bancaria. En esta sede no se considera el caso del CBDC mayorista o de acceso limitado a determinadas instituciones financieras, ya que su potencial impacto no supone una disrupción en los sistemas monetarios actuales.

De acuerdo con GLEESON⁹⁹⁷, los bancos centrales podrían apostar por un enfoque radical, en el que el CBDC se utilizase para reemplazar al dinero bancario o para controlar por completo su creación mediante la imposición de un coeficiente de reserva del 100 por cien. En el primer caso, el banco central pretende eliminar la captación de depósitos y la ejecución de los pagos por parte de las entidades de crédito. Esta decisión implica que un único ente gestione todos los ahorros de la economía y los servicios de pago⁹⁹⁸. La segunda alternativa hace referencia a la propuesta de *narrow banking* en su concepción original, es decir, el proyecto del Plan Chicago que pretendía separar la actividad de captación de depósitos y provisión de servicios de pago del resto de

⁹⁹¹ Se trata de dinero electrónico emitido por entidades financieras que está plenamente respaldado por reservas depositadas en cuentas del banco central. Hong Kong Monetary Authority, cit., p. 12.

⁹⁹² ADRIAN, MANCINI-GRIFFOLI, cit., p. 1.

⁹⁹³ En cuanto a los efectos de este nuevo dinero electrónico sobre el sector bancario, ADRIAN y MANCINI-GRIFFOLI vislumbran, entre otros escenarios, relaciones de coexistencia y de complementariedad entre el CBDC sintético y el dinero bancario. ADRIAN, MANCINI-GRIFFOLI, cit., pp. 10-11.

⁹⁹⁴ BCE, “Report on a...” cit., pp. 26-34.

⁹⁹⁵ Se hace alusión a la metáfora de la “flor del dinero”. Los elementos (hojas) del dinero (flor) son el emisor; la forma, que puede ser digital o física; el acceso, que como se ha visto puede estar restringido o abierto a cualquier agente económico, y la tecnología o mecanismo de transferencia, específicamente si responde a un modelo basado en un registro gestionado por un intermediario o a un esquema descentralizado similar al del efectivo. Committee on Payments and Market Infrastructures, cit., p. 4.

El propio término de CBDC indica que se trata de un dinero cuyo emisor es un banco central y que su forma es digital. Faltaría por decidir las cuestiones relativas al acceso y al mecanismo de transferencia para completar “la flor del dinero”.

⁹⁹⁶ En otras palabras, si el CBDC consiste en saldos de cuentas gestionadas por el banco central o en un instrumento monetario que circula de manera descentralizada de forma similar al efectivo.

⁹⁹⁷ GLEESON, cit., pp. 156-158.

⁹⁹⁸ El banco central puede gestionar directamente las cuentas y los servicios de pago o delegar esta función en una tercera entidad que monopolice estas funciones. GLEESON, cit., p. 157.

negocios bancarios que implican inversión en activos de riesgo, como la concesión de crédito⁹⁹⁹. Así, todo el dinero bancario debería encontrarse respaldado por reservas de CBDC en una relación de 1 a 1. En definitiva, el banco central podría pretender eliminar la intermediación bancaria en el crédito en el caso del *narrow bank*¹⁰⁰⁰ o, incluso, suprimir la libre competencia en lo que se refiere a la captación de depósitos y prestación de servicios de pago.

Según GLEESON, la filosofía que subyace a estas propuestas es la propia de la Unión Soviética en materia económica¹⁰⁰¹. En una economía donde la única entidad de crédito es el banco central, recae sobre la autoridad monetaria la asignación del crédito a todos los agentes económicos; no extraña entonces que en la Unión Soviética el banco central financiara pasivamente cualquier transacción¹⁰⁰². En efecto, el enfoque radical traslada la función de financiación de las entidades de crédito al banco central¹⁰⁰³. Los pobres resultados de la planificación económica frente al sistema de precios desaconsejan la adopción de un sistema bancario centralizado, es decir, sin entidades de crédito que actúen conforme a criterios de mercado.

Otro sector doctrinal pretende introducir el CBDC sin menoscabar la circulación del dinero bancario y el funcionamiento de las entidades de crédito bajo un sistema reserva fraccionaria. No obstante, estos autores son conscientes de que la emisión de CBDC conlleva riesgos de desintermediación bancaria y de facilitación de crisis financieras, dado que los ahorros que anteriormente integraban los depósitos bancarios podrían redirigirse al CBDC. En este caso, el banco central debe implementar una serie de medidas para lograr la coexistencia en armonía del CBDC con los depósitos bancarios. Así, por un lado, KUMHOF y NOONE han propuesto que el CBDC no resulte convertible ni en reservas ni en depósitos bancarios o viceversa, y que este solo pueda emitirse contra la entrega de determinados activos¹⁰⁰⁴. Otra posibilidad consiste en contener

⁹⁹⁹ Sin embargo, como efectos no pretendidos de este *narrow bank* total, GLEESON destaca el flujo de fondos hacia entidades financieras menos reguladas, es decir, los conocidos como *shadow banks*, y la disminución del crédito como consecuencia de la falta de liquidez de las participaciones de las empresas que invierten en activos de riesgo. GLEESON, cit., p. 158.

¹⁰⁰⁰ En particular, el proceso por el que las obligaciones a corto plazo (depósitos) se utilizan para financiar activos con un vencimiento mucho más largo.

¹⁰⁰¹ GLEESON, cit., pp. 158-160.

¹⁰⁰² GLEESON, cit., p. 159.

¹⁰⁰³ Se asume que no bastará el crédito concedido por las entidades financiadas exclusivamente con capital para mantener los niveles de demanda agregada. El banco central, en consecuencia, deberá intervenir activamente en los mercados financieros.

¹⁰⁰⁴ De acuerdo con KUMHOF y NOONE, el CBDC debe tratarse como una clase de obligación del banco central diferente de las reservas bancarias y del efectivo, y que no puede obtenerse ni con los depósitos de los bancos comerciales ni con las reservas del sistema interbancario de liquidación de obligaciones. Esto evitará las crisis de liquidez de las entidades de crédito frente a otros actores financieros y ante las demandas de conversión del público. Así, prohibir la convertibilidad de las reservas bancarias en CBDC minorista impide que la entidad de crédito que adquiera depósitos de terceras entidades pueda satisfacer la demanda de CBDC mediante las reservas bancarias que adquiere con la transferencia de depósitos, de tal manera que se elimina el principal incentivo para acumular reservas mediante la captación de depósitos de los competidores. Asimismo, la separación entre el CBDC disponible para público y las reservas permite que estos activos cumplan con distintas funciones, puesto que las reservas bancarias actuarían como instrumento de liquidación de las obligaciones interbancarias y el CBDC como una herramienta adicional de política monetaria. En segundo lugar, según estos autores, resulta necesario prohibir la conversión entre depósitos bancarios y CBDC. La convertibilidad incrementa el riesgo de que se produzca una corrida bancaria ante cualquier problema de credibilidad del sector financiero, ya que acumular los ahorros en un dinero digital como el CBDC es más fácil y menos costoso para el público general que convertir los depósitos bancarios en efectivo.

Por otro lado, el CBDC solo podrá obtenerse contra la entrega de determinados activos. El sujeto que desee obtener CBDC deberá adquirir el activo elegible de otro agente económico. La disminución de los depósitos bancarios de la persona demandante de CBDC se compensa de esta manera con el correlativo aumento del dinero bancario a disposición del vendedor del activo elegible.

KUMHOF, NOONE, cit., pp. 8-18.

la desintermediación bancaria mediante la imposición de un techo o límite a la cantidad de CBDC que cada individuo puede atesorar¹⁰⁰⁵.

Por su parte, BINDSEL defiende la posibilidad de mantener la convertibilidad del CBDC con los depósitos bancarios y evitar la imposición de límites cuantitativos al tiempo que se tratan los riesgos de desintermediación bancaria y de inestabilidad financiera mediante un sistema de remuneración del CBDC de dos niveles¹⁰⁰⁶. El corazón de la propuesta consiste en desincentivar la acumulación de CBDC en perjuicio de los depósitos bancarios, en particular en épocas de incertidumbre, mediante la aplicación de intereses negativos. La existencia de dos niveles implica que, una vez que se supera cierta cantidad de unidades monetarias en CBDC, la disposición de fondos adicionales queda penalizada con la aplicación de una remuneración menos favorable.

Es cierto que los intereses negativos como medida para evitar la desintermediación bancaria y la inestabilidad del sistema financiero podría aplicarse en un único nivel¹⁰⁰⁷. No obstante, el sistema de dos niveles presentaría ventajas, como el hecho de que permitiría diferenciar la utilización del CBDC como medio de pago de su uso como reserva de valor y la circunstancia de que el banco central podría eludir (al menos en parte) la presión política relativa a la reivindicación de no penalizar la transformación de los depósitos bancarios en CBDC¹⁰⁰⁸. Hay que tener en cuenta que un sistema de estas características, al igual que en el caso de la imposición de límites cuantitativos, requiere disponer de un CBDC basado en un registro o en cuentas¹⁰⁰⁹. Por último, se ha de señalar que BINDSEL no descarta la posibilidad de que la desintermediación bancaria se produzca de todos modos, debido a la progresiva reducción del negocio de las entidades de crédito en favor de otras instituciones no bancarias (*fintech* singularmente)¹⁰¹⁰.

Sin embargo, el problema de estas medidas, en particular la aplicación de descuentos o intereses negativos, que buscan limitar la adquisición de CBDC es que pueden hacer perder a los depósitos bancarios su condición monetaria por eliminar su relación de paridad con el dinero del banco

¹⁰⁰⁵ No obstante, esta opción limitaría seriamente la capacidad del CBDC para servir como un medio de pago de general aceptación, ya que los acreedores que hayan superado dicho límite se verán compelidos a rechazar el pago en este medio o a convertirlo inmediatamente en un depósito bancario. Asimismo, la necesidad de disponer de información relativa a si un usuario ha superado o no el mencionado techo podría condicionar el diseño y crear complicaciones técnicas en el funcionamiento del CBDC. PANETTA, F., “21st century cash: Central banking, technological innovation and digital currencies”, *SUERF Policy Note*, N 40, (2018), p. 6.

¹⁰⁰⁶ BINDSEL, U., “Tiered CBDC and the financial system”, *ECB Working Paper Series*, N 2351, (2020).

¹⁰⁰⁷ BINDSEL, cit., p. 23.

¹⁰⁰⁸ De esta manera, el primer nivel comprendería una suma contenida de dinero, como 3000 euros, que no se encontraría sujeta a penalización porque se asume que su función es la de servir como medio de pago para pequeñas transacciones. En el caso de que se disponga de saldos en CBDC por una cuantía superior al límite, en cambio, al exceso se le aplicará la remuneración sancionadora, puesto que se estima que dicho montante de CBDC se emplea como reserva de valor. BINDSEL, cit., pp. 23-24.

¹⁰⁰⁹ Un control semejante sobre los activos monetarios requiere que una entidad central verifique si las cuantías de CBDC rebasan o no el primer nivel para aplicar este sistema. BINDSEL, cit., p. 23.

No obstante, en el caso del euro digital, BRUNNERMEIER y LANDAU destacan la posibilidad de aplicar este sistema a un euro digital que circularía sin necesidad de que el BCE capte depósitos del público. BRUNNERMEIER, LANDAU, cit., pp. 40-41.

Habrà que esperar, si el BCE decide emitirlo, al euro digital para comprobar si existe una solución técnica que permita compatibilizar la aplicación de descuentos sobre un CBDC similar al efectivo.

¹⁰¹⁰ BINDSEL, cit., pp. 26-27.

No obstante, antes de desintermediación resultaría preferible hablar de *desagregación* bancaria. En efecto, antes de la aparición de *fintech*, las entidades de crédito abarcaban todos los servicios de la cadena de valor de la actividad bancaria: asumían la distribución, la conformación y prestación de los servicios financieros y la gestión de la infraestructura crítica. La innovación tecnológica ha permitido que terceros operadores económicos ofrezcan nuevos servicios en cada uno de los segmentos de la actividad bancaria que anteriormente comprendían en su totalidad las entidades de crédito. BLASCO BOCIGAS, P., *Fintech banking*, LID, Madrid, 2021, capítulo 3(sin paginación —versión digital disponible en O’Reilly Safari Books—).

central¹⁰¹¹. En efecto, la conversión de los depósitos bancarios en efectivo tiene lugar en una relación de 1 a 1 o de paridad; la aplicación de descuentos en los sistemas de remuneración como desincentivo, en cambio, obligaría a fijar un tipo de cambio entre el dinero bancario y el CBDC¹⁰¹².

Asimismo, se ha de considerar el caso de que en un momento de crisis de confianza los agentes económicos traten de evitar la aplicación de los descuentos al tiempo que eluden el riesgo del emisor del dinero bancario mediante la conversión de los depósitos bancarios en dinero en efectivo. Por tanto, los bancos centrales pueden considerar que la plena eficacia de la remuneración negativa como medida frente a la inestabilidad financiera requiere la retirada de los billetes y monedas.

En definitiva, un sector de la doctrina defiende la posibilidad de introducir un CBDC minorista sin causar una disrupción en el funcionamiento del sistema monetario actual. No obstante, a pesar de las medidas propuestas, el CBDC para pagos minoristas tendría una repercusión en los mercados financieros de un alcance imprevisible.

2. El euro digital

A. Un CBDC con una finalidad y filosofía por definir

El 14 de julio de 2021, el Consejo de Gobierno del BCE lanzó una fase bianual de investigación sobre el proyecto de euro digital¹⁰¹³, es decir, el posible lanzamiento de una nueva forma de dinero del BCE en formato electrónico¹⁰¹⁴. Su finalidad va dirigida a determinar si finalmente se opta por emitir el euro digital, así como a tomar decisiones relativas a su diseño y distribución. A pesar de que el acuerdo no anticipa ninguna conclusión sobre las características finales del CBDC, sí permite conocer que el BCE trabaja con las hipótesis de que el euro digital estaría disponible para todos los agentes económicos de la eurozona, es decir, se trataría de un CBDC para pagos minoristas, que tendría por finalidad complementar y no sustituir al efectivo y que incorporaría medidas para prevenir actividades ilícitas y perjuicios a la estabilidad financiera y la política monetaria.

En el BCE y en determinado sector doctrinal existe el convencimiento de la necesidad de reforzar el dinero público. La idea se fundamenta en que la digitalización constituye una amenaza para la uniformidad del dinero, es decir, la posibilidad de que todas las unidades monetarias denominadas

¹⁰¹¹ Destacaba MISES que únicamente podrán equipararse los títulos de dinero, o dinero bancario, con el activo monetario subyacente cuando su conversión pueda efectuarse a demanda, no haya dudas respecto a su solidez y no se imponga algún tipo de cobro o descuento. MISES, cit., p. 25.

¹⁰¹² Recuérdesse cómo GORTON y ZHANG alegaban en contra de las *stablecoins* la pérdida de la uniformidad del dinero, ya que la diferente solvencia de cada emisor afectaría a los tipos de cambio. Sin embargo, estos autores no aprecian que la introducción de un CBDC minorista podría dañar la paridad del dinero bancario en relación con el del banco central. GORTON, ZHANG, cit., pp. 43-44.

¹⁰¹³ El BCE no es el único banco central que ha mostrado su interés por el CBDC. A título de ejemplo, también se han unido a esta tendencia de participar en proyectos de investigación el Banco de Inglaterra y la FED. Vid. Bank of England, “Statement on Central Bank Digital Currency next steps”, 2021, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/news/2021/november/statement-on-central-bank-digital-currency-next-steps> (última consulta, el 28.06.2022) y Forbes, “Federal Reserve Reveals Research Plans For Digital Dollar”, 2020, disponible en <https://www.forbes.com/sites/jasonbrett/2020/08/13/federal-reserve-reveals-research-plans-for-digital-dollar/?sh=183a2ad65946> (última consulta, el 28.06.2022).

¹⁰¹⁴ BCE, “Eurosystem launches digital euro project”, 2021, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210714~d99198ea23.en.html> (última consulta, el 28.06.2022).

en euros resulten intercambiables entre sí en una relación de paridad¹⁰¹⁵. ¿Por qué ocurre esto si el dinero bancario constituye una obligación de las entidades de crédito y no ha tenido lugar una fragmentación de la unidad de cuenta? La novedad residiría en un aumento de la diferenciación de los medios de pago debido a las posibilidades del dinero programable y su cercamiento en distintas plataformas digitales¹⁰¹⁶. No obstante, el principal argumento consiste en que la reducción del uso del efectivo puede significar la desaparición de la convertibilidad de los soportes monetarios denominados en euros en dinero del banco central. El euro digital sustituiría al efectivo en su función de “patrón” que cohonestaría a las distintas unidades monetarias denominadas en euros¹⁰¹⁷. Como crítica, cabe señalar que el problema de la fragmentación del dinero es una completa suposición: ni siquiera en Suecia, país que se caracteriza por un uso decreciente del efectivo¹⁰¹⁸, existe algún indicio que apunte a que los depósitos bancarios denominados en coronas suecas hayan dejado de circular en condiciones de paridad.

BRUNNERMEIER y LANDAU apuestan por una solución continuista en virtud de la cual el euro digital se limita a asegurar la “soberanía monetaria”, es decir, el control del BCE sobre la política monetaria y la uniformidad de todos los medios de pago denominados en euros a través de su convertibilidad en dinero del banco central¹⁰¹⁹. Asimismo, conviene tener en cuenta que los resultados de la consulta pública sobre el euro digital apuntan a la necesidad de que las autoridades adopten un enfoque comedido sobre la posible emisión de un CBDC¹⁰²⁰.

No obstante, cabe la posibilidad de que la soberanía monetaria constituya únicamente el punto de partida del euro digital. Así, el BCE podría decidir plantear el euro digital como una nueva herramienta de política monetaria e, incluso, fiscal¹⁰²¹. En esencia, determinados diseños del CBDC podrían permitir franquear los “límites” de la política monetaria¹⁰²². Se trata de una

¹⁰¹⁵ Una vez más, se recurre al argumento de la fragmentación del dinero en la época del *free banking*: el riesgo percibido de los emisores privados daría lugar a diferentes tipos de cambios entre los instrumentos monetarios denominados en euros. BRUNNERMEIER, LANDAU, cit., p. 16.

¹⁰¹⁶ BRUNNERMEIER, LANDAU, cit., pp. 16-18.

¹⁰¹⁷ BRUNNERMEIER y LANDAU apuntan a que el dinero del banco central actúa, respecto del dinero bancario, como un ancla o patrón. Los billetes y monedas del banco central tendrían una “calidad” superior a las unidades monetarias que reflejan los depósitos bancarios. Entre otras razones, porque el dinero del banco central se encontraría libre de riesgo, por disfrutar del privilegio del curso legal y servir como medio de pago de los impuestos. BRUNNERMEIER, LANDAU, cit., p. 22.

¹⁰¹⁸ Suecia muestra una clara tendencia hacia el desuso del efectivo. En apenas 10 años el valor nominal del uso del efectivo ha descendido en más de un 50 por ciento. ARVIDSSON, N., *Building a Cashless Society The Swedish Route to the Future of Cash Payments*, Springer, Cham, 2019, pp. 41-43.

¹⁰¹⁹ El enfoque comedido se traduce en que los bancos centrales no deben captar depósitos del público. Preferentemente, el euro digital consistiría en un título al portador que circularía de manera similar al efectivo. En cualquier caso, el CBDC ni debe utilizarse como una nueva herramienta de política monetaria ni tratar de competir abiertamente con los medios de pago privados. BRUNNERMEIER, LANDAU, cit., p. 36.

¹⁰²⁰ Los participantes de la consulta muestran una clara preferencia por un CBDC poco intrusivo, de ahí que la característica más valorada de un hipotético euro digital sea la privacidad. BCE, “Eurosystem report on the public consultation on a digital euro”, 2021, p. 3, disponible en https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Eurosystem_report_on_the_public_consultation_on_a_digital_euro~539fa8cd8d.en.pdf (última consulta, el 29.06.2022).

¹⁰²¹ A medio camino entre política fiscal y monetaria, se encuentra la posibilidad de que el BCE decida proporcionar “dinero de helicóptero” a través del CBDC. La medida consiste en que, con el objetivo de estimular la inflación, los poderes públicos “regalan” nuevo dinero a los agentes económicos para que se gaste en la economía real. HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, F., “Hacia una moneda digital europea. el euro 2.0”, *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, N 70, (2021), pp. 1020-1021.

¹⁰²² El BCE podría aspirar a estimular la inflación incluso cuando los tipos de interés ya hubieran alcanzado el límite inferior del cero por ciento mediante la aplicación directa de descuentos sobre los ahorros de los ciudadanos en CBDC. No obstante, la eficacia de esta medida de represión financiera requiere la retirada forzosa del efectivo, ya que de otro modo los agentes económicos utilizarán este activo como refugio. No obstante, ha de advertirse que esta clase de medidas se defienden por parte de aquellos que se oponen a que el control de la inflación constituya una prioridad del banco central y que parecen admitir tasas de inflación

solución por la que parecen decantarse los gobiernos del sur de la UE¹⁰²³. Es interesante comprobar cómo la configuración del euro digital podría convertirse en un nuevo motivo de fricción entre los países del norte y del sur de la UE¹⁰²⁴.

No obstante, se ha de señalar que los defectos de la Eurozona como área monetaria no se deben a la carencia de un euro digital. Seguidamente, se analizarán los problemas que el Eurosistema debe abordar para garantizar la supervivencia del euro.

B. Los desequilibrios de la Eurozona como auténtica disfunción del euro

a. El origen del problema

Los desajustes en las balanzas de pagos de los miembros de un área monetaria¹⁰²⁵ como la Eurozona provocan desempleo en el país o región con déficit en la cuenta corriente e inflación en la nación o territorio con superávit¹⁰²⁶. En última instancia, aunque únicamente si el banco central responsable lo permite, la pérdida de competitividad que genera la inflación en el país con superávit comercial debe corregir el desequilibrio en la balanza de pagos y acabar con el desempleo en la nación deficitaria¹⁰²⁷.

Las economías que no forman parte de un área monetaria, en cambio, disponen del mecanismo de los tipos de cambio flexibles para corregir los respectivos desajustes comerciales; el país deficitario ve depreciada su moneda, mientras que la nación con superávit experimenta una apreciación. Sin embargo, MUNDELL destacó que los tipos de cambio flexibles como mecanismo de ajuste que evita el desempleo e inflación en los países concernidos solo constituye un instrumento eficaz en el caso de que el área coincida con la región monetaria¹⁰²⁸. La conclusión es que un área monetaria es óptima cuando coincide con la región¹⁰²⁹. La región monetaria viene dada por el territorio que dispone de movilidad interna de los factores de producción e inmovilidad con terceras demarcaciones¹⁰³⁰.

de dobles dígitos con tal de no perjudicar el crecimiento económico. Inmediatamente surge la duda de si el incremento de la producción es sostenible con semejante pérdida de poder adquisitivo. En cualquier caso, la confiscación parece ser un medio lícito de la política económica. ROGOFF, K.S., *The Curse of Cash*, Princeton University Press, Princeton, 2016, pp. 119-121.

¹⁰²³ HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, cit., p. 1021.

¹⁰²⁴ De la consulta pública sobre el euro digital se desprende que los ciudadanos de Alemania prefieren un euro digital “comedido”, lo cual se manifiesta en la patente preferencia por un CBDC similar al efectivo. Hay que tener en cuenta que cabe atribuir directamente los resultados de la consulta a la sobre representación de los ciudadanos alemanes en esta encuesta abierta. BCE, “Eurosystem report on the public consultation...” cit., pp. 10-13.

¹⁰²⁵ En este caso, el área monetaria debe entenderse como el hecho de que varios países o regiones compartan una única moneda o que el tipo de cambio entre las correspondientes divisas de los territorios miembros de la zona monetaria sea fijo.

¹⁰²⁶ MUNDELL, R.A., “A theory of optimum currency areas”, *The American Economic Review*, Vol. 51, N 4, (1961), pp. 658-659.

¹⁰²⁷ *Ibid.*

¹⁰²⁸ La determinación del área monetaria viene dada por factores políticos, básicamente por las fronteras de la nación. No obstante, el territorio de un país puede formar una región monetaria con la demarcación de un tercer Estado si comparten características comunes. En ese caso, las necesidades de la región monetaria en términos de tipo de cambio son diferentes respecto de las prioridades de los países concernidos. MUNDELL pone el ejemplo de que entre EEUU y Canadá existan dos regiones monetarias coincidentes con la costa oeste y este de ambos países. En este caso, las necesidades económicas de la costa oeste de EEUU no coinciden con las del resto del país estadounidense, sino con el litoral canadiense occidental. MUNDELL, cit., pp. 659-660.

¹⁰²⁹ MUNDELL, cit., p. 660.

¹⁰³⁰ MUNDELL, cit., p. 661.

MUNDELL se preguntó si los países de la UE forman una región en términos monetarios¹⁰³¹, puesto que este hecho determinaría la conveniencia de que la UE constituyese una nueva área monetaria. No obstante, sin haber resuelto esta cuestión, la UE introdujo la tercera fase de la Unión Económica y Monetaria, que implicaba sustituir las divisas nacionales por el euro como moneda única¹⁰³². En este sentido, CASTAÑEDA FERNÁNDEZ y SCHWARTZ señalan que los dirigentes de la UE esperaban que el establecimiento de la moneda única contribuyera a lograr la convergencia económica en la Eurozona¹⁰³³. Sin embargo, lejos de aminorar la dispersión, las divergencias entre los Estados miembros aumentaron en algunos indicadores económicos¹⁰³⁴.

Es cierto que para algunos partidarios del euro el hecho de que la Eurozona no constituya un área monetaria óptima de acuerdo con la teoría no significa un problema a largo plazo¹⁰³⁵. Sin embargo, tal y como reveló la publicación de los estudios de MUNDELL, las asimetrías entre los miembros de un área monetaria, en este caso con una moneda única, generan consecuencias económicas en términos de inflación y desempleo. Por este motivo, conviene analizar las implicaciones de los desequilibrios que reflejan los saldos de TARGET2.

b. La acumulación de los desequilibrios en forma de saldos TARGET2

TARGET2 es el sistema de liquidación bruta en tiempo real para pagos interbancarios del Eurosistema¹⁰³⁶. El flujo neto de dinero entre los países miembros da lugar a saldos de

¹⁰³¹ MUNDELL, cit., pp. 661-662.

¹⁰³² Es cierto, no obstante, que para entrar en la eurozona los Estados miembros de la UE debían cumplir los llamados criterios de convergencia. Hay que tener en cuenta que, salvo en el caso de Dinamarca, la pertenencia a la UE implica la obligación de adoptar el euro. De acuerdo con el art. 140 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (en adelante, TFUE), los criterios de convergencia son: el logro de un alto grado de estabilidad de precios, sostenibilidad de las cuentas públicas y solidez en el tipo de cambio respecto al euro y en los tipos de interés. El BCE verifica el cumplimiento de los criterios de convergencia por parte de los Estados miembros de la UE a través de un informe que se emite, o bien cada dos años, o bien a solicitud de uno de los Estados miembros. Vid. el último análisis de convergencia económica del BCE en BCE, “Convergence Report”, 2020, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/conrep/ecb.cr202206~e0fe4e1874.en.pdf> (última consulta, el 29.06.2022).

El cumplimiento de estos índices de convergencia no implica que exista una auténtica armonización económica entre los Estados miembros que han adoptado el euro. Así, los once Estados fundadores de la eurozona carecían de una verdadera confluencia económica. Vid. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J., SCHWARTZ, GIRÓN, P. “How functional is the eurozone? an index of european economic integration through the single currency”, *Economic Affairs*, Vol. 37, N 3, (2017), p. 372.

¹⁰³³ CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, SCHWARTZ GIRÓN, “How functional is the eurozone?...” cit., p. 367.

¹⁰³⁴ Ciertamente, las divergencias se deben en parte a los efectos asimétricos de la crisis económica sobre los miembros de la eurozona. Vid. CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, SCHWARTZ GIRÓN, “How functional is the eurozone?...” cit., pp. 367-369.

¹⁰³⁵ Según este punto de vista, no existe ninguna jurisdicción de importancia que sea óptima como área monetaria. Así, incluso EEUU seguiría fragmentado en distintas regiones en términos monetarios. Vid. SCHEKLE, W., “Krugman’s argument that the Eurozone is not an optimum currency area could easily be applied to the US”, disponible en <https://blogs.lse.ac.uk/euoppblog/2016/04/29/krugmans-argument-that-the-eurozone-is-not-an-optimum-currency-area-could-easily-be-applied-to-the-us/#Author> (última consulta, el 29.06.2022).

¹⁰³⁶ El Eurosistema es la autoridad monetaria de la Eurozona y está formado tanto por el BCE como por los Bancos Centrales Nacionales. BCE, “La misión del Eurosistema”, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/ecb/orga/escb/eurosystem-mission/html/index.es.html> (última consulta, el 30.06.2022).

No obstante, hay que tener en cuenta que en este sistema de liquidación pueden participar voluntariamente bancos centrales de países de la UE que no pertenecen a la Eurozona. Incluso, cabe la posibilidad de que instituciones financieras de terceros Estados participen en el sistema TARGET2, siempre que dispongan de conexión con un Banco Central Nacional que constituya un miembro de esta estructura de pagos. BCE, “Target balances and monetary policy operations”, *Monthly Bulletin*, mayo, (2013), p. 104 y p. 106.

TARGET2¹⁰³⁷, los cuales reflejan si los Bancos Centrales Nacionales ocupan una posición acreedora o deudora respecto del resto del Eurosistema. Resulta capital apuntar, tal y como señala el propio BCE, que la posición acreedora de un banco central frente al Eurosistema no se traduce en la obtención de un activo concreto¹⁰³⁸. Esto se debe directamente al hecho de que el Eurosistema constituye un área monetaria.

Tras la crisis económico-financiera de 2007-08, la cuantía total y la composición de los saldos TARGET2 se ha visto sustancialmente modificada¹⁰³⁹. Esta circunstancia se debe a que las compraventas intracomunitarias de determinados instrumentos financieros, principalmente de deuda pública, que el BCE y los Bancos Centrales Nacionales llevan a cabo en el marco de la ejecución de su política monetaria no convencional de expansión cuantitativa o QE queda reflejada en los saldos TARGET2 de los países intervinientes¹⁰⁴⁰. En consecuencia, el BCE interpreta que el fuerte desequilibrio existente en los saldos TARGET2 constituye una consecuencia natural de la aplicación descentralizada de su política monetaria¹⁰⁴¹, y no un motivo de preocupación¹⁰⁴².

En primer lugar, la despreocupación del BCE no parece justificada a la luz del análisis del QE en la Eurozona. Recuérdese que esta medida de política monetaria no convencional no ha ido dirigida exclusivamente a recuperar la inflación como consecuencia del *shock* que la crisis financiera supuso para el crecimiento de los agregados monetarios, sino a rescatar a los países de la Eurozona con problemas de deuda soberana. Los saldos TARGET2 muestran así una debilidad estructural de la Eurozona que puede tener graves consecuencias en el momento en que se paralicen los programas de compra de deuda pública.

Por otro lado, el ex Gobernador del BCE, MARIO DRAGHI, advirtió de que una eventual salida del euro tendría como consecuencia que los saldos TARGET2 del Estado saliente de la Eurozona

¹⁰³⁷ Los saldos atribuidos a los Bancos Centrales Nacionales frente al Eurosistema capturan tantos los pagos intracomunitarios de las entidades de créditos como las transferencias que efectúan las autoridades monetarias en la ejecución de la política monetaria. El BCE constituye un participante más en TARGET2, ya que realiza pagos para llevar a cabo su política monetaria.

Así, si se recibe más dinero del que se entrega, el Banco Central Nacional ocupará una posición acreedora frente al Eurosistema. En caso contrario, la autoridad monetaria dispondrá de una posición deudora.

¹⁰³⁸ La emisión de dinero requiere contablemente que las unidades monetarias se registren como una obligación a la que corresponde un determinado activo, que puede venir dado por deuda soberana o por un préstamo a una entidad de crédito. No obstante, cuando el dinero se transfiere a otro Estado miembro de la Eurozona, el banco central del país receptor no registra en su balance el activo que se adquirió con la emisión de los euros. En su lugar, la autoridad monetaria correspondiente al Estado de destino de los euros solo puede anotar un saldo acreedor frente al Eurosistema. BCE, “¿What are TARGET2 balances?”, 2020, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/target2_balances.en.html (última consulta, el 30.06.2022).

¹⁰³⁹ La cuantía de los saldos TARGET era muy baja antes de la crisis de la Eurozona y reflejaba una posición ligeramente deudora para Alemania y acreedora para países como España e Italia. Después de la crisis, los saldos totales de TARGET han aumentado y las posiciones acreedoras y deudoras se han invertido. No obstante, la inversión de las posiciones acreedora y deudora no es la peor noticia para España e Italia, sino el hecho de que los desequilibrios hayan aumentado drásticamente desde la crisis. SINN, H.W., *The economics of target balances*, Palgrave Macmillan, Cham, 2020, pp. 1-2.

¹⁰⁴⁰ Las compraventas de activos en posesión de contrapartes con domicilio o sede en un Estado miembro distinto suponen transacciones con incidencia en los saldos TARGET. Así, cabe destacar las compraventas de deuda pública que efectúan el Banco de España y la Banca d'Italia a operadores económicos situados en países acreedores como Alemania o los Países Bajos. BCE, “Update on economic and monetary developments”, *Economic Bulletin*, N 7, (2016), pp. 20-23.

¹⁰⁴¹ Committee on Economic and Monetary Affairs, “Monetary dialogue with Mario Draghi, president of the European central bank”, 2019, pp. 8-9, disponible en https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2019/html/ecb.sp190128_transcript.en.pdf (última consulta, el 30.06.2022).

¹⁰⁴² BCE, “¿What are TARGET2...”, cit.

tendrían que liquidarse por completo¹⁰⁴³. Otro dato relevante que señala DRAGUI en su carta reside en que el superávit del banco central alemán, el Bundesbank, muestra cómo la liquidez de los países del sur fluye hacia el norte de la UE¹⁰⁴⁴. Recuérdese que, de acuerdo con la teoría de las áreas monetarias óptimas, en las uniones monetarias los desequilibrios entre los diferentes países miembros o regiones se saldaban con desempleo en los países deficitarios e inflación en los países con superávit, aunque es cierto que aquella afirmación estaba principalmente dirigida hacia déficits con un origen comercial.

De acuerdo con SINN, el hecho de que los saldos TARGET2 no se liquiden hasta que se produzca la salida del euro del país en cuestión implica que en la Eurozona los países deudores reciben crédito de las naciones acreedoras¹⁰⁴⁵. No obstante, se trata de un crédito que, en principio, el Eurosistema no puede ejecutar contra ninguna garantía específica y que los Bancos Centrales Nacionales acreedores no pueden reclamar¹⁰⁴⁶. SINN añade que los saldos TARGET2 tienen consecuencias macroeconómicas relevantes. Así, para el país deficitario, los saldos TARGET2 constituyen una importación de capital que financia los potenciales déficits de cuenta corriente y las exportaciones (o fugas) de capital¹⁰⁴⁷. Como este autor explica a lo largo de su obra, el crecimiento de los déficits de los saldos TARGET2 ha coincidido con los periodos de mayor incertidumbre económica, como la caída de Lehman Brothers o la emergencia sanitaria que provocó el coronavirus, puesto que las crisis favorecen la fuga de capitales en favor de los países del norte de la UE¹⁰⁴⁸. La debilidad de las economías periféricas provoca así que en momentos de crisis los inversores trasladen su dinero del sur al norte de la UE¹⁰⁴⁹.

De esta manera, cabe afirmar que los saldos negativos TARGET2 no constituyen únicamente una aberración estadística que es el resultado de la aplicación descentralizada de la política monetaria del BCE, sino unos desajustes estructurales en las economías de los Estados miembros que se compensan automáticamente a través de la estructura de pagos del Eurosistema. El precio de la inacción es ahondar en los desequilibrios; las transferencias de dinero en favor de los Estados del norte de Europa agotan momentáneamente la liquidez de los países periféricos de la UE, de tal manera que el área meridional de la Eurozona requiere una nueva inyección monetaria que cronifica el déficit¹⁰⁵⁰.

En realidad, paradójicamente, esta visión de los saldos TARGET2 no confronta directamente con la posición del BCE. Así, la autoridad monetaria reconoce que la vinculación entre su política monetaria y los desequilibrios en los saldos TARGET2 se debe a que ha financiado, en sustitución

¹⁰⁴³ Vid. el inciso final de la carta de MARIO DRAGHI en respuesta a las preguntas de los parlamentarios Sres. MARCO VALLI y MARCO ZANNI en https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/170120letter_valli_zanni_1.en.pdf (última consulta, el 30.06.2022).

¹⁰⁴⁴ Ibid.

¹⁰⁴⁵ El sistema de pagos de la FED, en cambio, sí exige que se produzca la liquidación de los saldos. SINN, "The economics..." cit., pp. 9-11.

No obstante, se ha de apuntar que los saldos negativos en TARGET2 constituyen un crédito del Eurosistema al Banco Central Nacional en cuestión. No se trata de que las entidades de crédito, al transferir depósitos, dejen de pagar con reservas bancarias o dinero del banco central. De hecho, con el crédito que entraña el déficit en saldos TARGET2, los Bancos Centrales Nacionales financian los pagos que realizan sus respectivos bancos comerciales. SINN, "The economics..." cit., p. 15.

Otros países también se han visto en la posición de Alemania, es decir, en la obligación de financiar los déficits de terceros países a través del sistema de pagos. Este fue el caso de la Unión Soviética respecto de los países miembros de la alianza económica que dirigía, el Consejo de Ayuda Mutua Económica o COMECON. SINN, "The economics..." cit., p. 22.

¹⁰⁴⁶ SINN, "The economics..." cit., p. 13.

¹⁰⁴⁷ SINN, "The economics..." cit., p. 19.

¹⁰⁴⁸ SINN, "The economics..." cit., pp. 31-32.

¹⁰⁴⁹ Los saldos de TARGET2 también financian los déficits de cuenta corriente, como muestra el caso griego antes del clímax de la crisis económica. SINN, "The economics..." cit., p. 46.

¹⁰⁵⁰ SINN, "The economics..." cit., p. 33.

del mercado interbancario, la falta de liquidez que en las entidades de crédito del sur de la Eurozona ha generado la fuga de capitales hacia países más sólidos en términos financieros¹⁰⁵¹. Mayor disputa puede suscitar el cálculo de los riesgos que implica la acumulación de los desequilibrios. Para el BCE, mientras la irreversibilidad del euro no se ponga en cuestión, los saldos TARGET2 no constituyen un riesgo financiero, ya que sus operaciones de financiación están aseguradas¹⁰⁵². Los desequilibrios deben corregirse así a medida que desaparecen las dudas sobre la integridad del euro¹⁰⁵³. Sin embargo, las inyecciones extraordinarias de liquidez mediante el QE en época de recuperación económica han redundado en un aumento de las divergencias en los saldos TARGET2¹⁰⁵⁴. Esto se debe a que los programas de QE permiten reemplazar la deuda pública en manos de inversores privados por déficit en los saldos de TARGET2, deuda que, como se sabe, no se puede reclamar por el banco central acreedor¹⁰⁵⁵.

Otra cuestión controvertida de los desequilibrios de los saldos TARGET2 tiene que ver con su remuneración, ya que esta repercute en el montante de los saldos¹⁰⁵⁶. El agravio en este caso consiste en que los países acreedores del norte de la UE reciben una remuneración negativa que disminuye artificialmente su cuantía¹⁰⁵⁷.

¹⁰⁵¹ BCE, “Target balances and monetary policy operations...”, cit., pp. 107-108.

¹⁰⁵² No obstante, hay que tener en cuenta que la calidad de las garantías exigidas para conceder la financiación se ha rebajado deliberadamente para garantizar la liquidez de las entidades de crédito. BCE, “Target balances and monetary policy operations...”, cit., pp. 111-112.

¹⁰⁵³ BCE, “Target balances and monetary policy operations...”, cit., p. 112.

¹⁰⁵⁴ SINN, “The economics...” cit., pp. 53-54.

¹⁰⁵⁵ Cabe ilustrar la situación con el ejemplo de SINN. El Banco d’ Italia compra deuda pública nacional a inversores italianos, los inversores italianos con el dinero obtenido adquieren activos de Alemania y el dinero que fluye de Italia a Alemania queda reflejado en los saldos TARGET2. SINN, “The economics...” cit., p. 58.

¹⁰⁵⁶ El señoreaje consiste en la diferencia entre el tipo de interés que el banco central gana con sus activos y el que paga debido al pasivo. No obstante, este señoreaje en concepto de tipo de interés resulta directamente afectado por los saldos TARGET 2 y el mecanismo de redistribución de los beneficios del Eurosistema. En efecto, los bancos centrales de la Eurozona no reciben los ingresos por señoreaje que se derivan directamente de las diferencias de su activo y pasivo, sino con el porcentaje de ingresos que les corresponde según su cuota de participación en el Eurosistema. Los tipos de interés que el BCE fija en el marco de la ejecución de la política monetaria y los cambios en los saldos de TARGET2, que muestran las transferencias de liquidez que se producen entre los miembros del sistema de pagos, afectan potencialmente al señoreaje que los bancos centrales reciben a través del mecanismo de redistribución. Esto se debe a que los bancos centrales deudores deben pagar a los acreedores intereses por la cantidad que resulta de aplicar a los saldos de TARGET2 el tipo de interés de las operaciones principales de refinanciación, que fija el BCE. La diferencia entre el señoreaje que se hubiera recibido sin redistribución y el efectivamente recibido con el mecanismo de compartición supone la tasa marginal efectiva de interés que se imputa a los saldos de TARGET2.

Los bancos centrales deudores deben deducir de sus contribuciones al mecanismo de redistribución los pagos de intereses, mientras que el acreedor puede imputar la liquidez recibida al fondo común. El efecto es que los bancos nacionales deudores deben aportar más ingresos para recibir una cantidad fija de señoreaje, mientras los acreedores deben contribuir menos.

No obstante, se ha de advertir que el señoreaje finalmente percibido por los bancos centrales no varía; las transferencias de intereses se traducen únicamente en una alteración de los saldos de TARGET2, de tal manera que se trata de un tipo de interés sobre el señoreaje “virtual”. En definitiva, si la tasa marginal efectiva de interés es positiva, esto únicamente significará que los saldos TARGET2 de los países acreedores se incrementará de acuerdo con el tipo de interés aplicado.

Por último, se ha de destacar el hecho de que los pagos virtuales de intereses se acumulen en los saldos de TARGET2 implica la aplicación de interés compuesto.

SINN, H.W., “The Effective Rate of Interest on Target Balances”, *Cesifo Working Papers*, N 7878, (2019), pp. 5-14.

¹⁰⁵⁷ El hecho de que el BCE establezca una remuneración negativa para el tipo de interés de las operaciones principales de refinanciación produce el efecto contrario: en lugar de que los países con superávit vean aumentar sus saldos positivos en TARGET2, los acreedores experimentan una reducción en su crédito con

Una lección importante que cabe extraer de la crítica de SINN hacia la actuación del BCE es la necesidad de disponer de mecanismos de ajuste en un área monetaria. Así, los desequilibrios en los saldos TARGET2 se habrían contenido si una subida en el tipo de interés de los países del sur de la Eurozona respecto de las economías del norte de la UE hubiera frenado la fuga de la liquidez¹⁰⁵⁸. Piénsese en que el sistema de pagos internacional ideado por KEYNES en la víspera de la conferencia de Bretton Woods requería el pago de los saldos resultantes de los intercambios comerciales entre los países miembros en la unidad monetaria internacional denominada *bancor*, que, a su vez, se encontraba referenciada al oro; los desequilibrios medidos en términos de esta unidad monetaria internacional debían corregirse a través de una serie de medidas, como la devaluación de la divisa o el control de capitales¹⁰⁵⁹. En el caso de la Eurozona, los mecanismos de ajuste, o bien no pueden aplicarse¹⁰⁶⁰, o bien no se aplican debidamente por la voluntad del BCE de apoyar el crecimiento económico de las economías periféricas.

No obstante, la ausencia de corrección significa que los países deficitarios en los saldos TARGET2 vinculan indefectiblemente su estabilidad financiera y el PIB a la política monetaria acomodaticia del BCE¹⁰⁶¹. Si el BCE se viera obligado a endurecer su política monetaria, la supervivencia del euro podría depender de la voluntad de los contribuyentes del norte de la UE de rescatar a sus vecinos del sur. En definitiva, la fragilidad estructural del euro, como se ha visto, entraña que, en contra de lo que sostiene el BCE, los saldos TARGET2 constituyan un riesgo financiero real.

C. El impacto del euro digital en el *statu quo*

A pesar de los riesgos que entraña la situación de los saldos TARGET2, ciertamente su carácter irredimible favorece a las economías periféricas de la UE, más aún si se considera que por el momento estas disponen de una remuneración negativa que ayuda a aminorar su cuantía. Por tanto, la posición de los gobiernos de los Estados beneficiados debería consistir en el mantenimiento del *statu quo*. Sin embargo, España y otros países de su entorno parecen decantarse por la disrupción del sistema monetario y financiero de la UE¹⁰⁶². Ciertos especialistas del sector, en cambio, muestran una actitud más cauta con el euro digital, ya que su principal beneficio real residiría en proporcionar una nueva alternativa frente a competidores monetarios como las criptomonedas y el CBDC minorista de terceras jurisdicciones¹⁰⁶³.

la aplicación de la tasa marginal efectiva de interés. De esta manera, los incrementos de los saldos se deben exclusivamente a que los Estados acreedores reciben nuevas transferencias de liquidez de los países deudores. SINN, “The Effective Rate...” cit., p. 12.

¹⁰⁵⁸ El BCE habría tratado de unificar los tipos de interés de la Eurozona. No obstante, no se trata de una decisión acertada porque el riesgo de la deuda de los países del sur y norte de Europa no es idéntico. El inversor, por tanto, no tiene ningún incentivo para mantener su liquidez en el sur de Europa. SINN, “The economics...” cit., pp. 88-90.

¹⁰⁵⁹ KEYNES, “Proposals for an International Clearing...” cit., p. 23.

¹⁰⁶⁰ Este es el caso de la devaluación del tipo de cambio para ganar en competitividad.

¹⁰⁶¹ RUIZ OJEDA destaca cómo el BCE trata de mutualizar la deuda pública de los Estados miembros sin que se produzca una reforma de naturaleza constitucional con carácter previo. De esta manera, el euro obtendría un respaldo fiscal del que ahora carece. La experiencia histórica, no obstante, demuestra que la puesta en práctica de esta clase de mecanismos elimina los incentivos para corregir los desequilibrios y concluye en un fracaso. RUIZ OJEDA, A., “Which constitutional economics for the two-decade-old Eurozone?”, *Future Europe*, Vol. 2, 2022, disponible en <https://feu-journal.eu/issues/issue-2/which-constitutional-economics-for-the-two-decade-old-eurozone/>.

¹⁰⁶² HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, cit., p. 1021.

¹⁰⁶³ Se trata un beneficio exíguo en estos momentos, ya que la competencia monetaria todavía no representa un riesgo para la “soberanía monetaria” de la Eurozona. En cambio, el CBDC sí representa una amenaza para la intermediación bancaria y estabilidad financiera. Ahora bien, es cierto que se le concede todavía cierto crédito al euro digital debido a la expectativa de que acaezca un buen diseño técnico y planteamiento. FERNÁNDEZ DE LIS, S., “¿Necesitamos un euro digital?”, disponible en <https://www.bbva.com/es/opinion/necesitamos-un-euro-digital/> (última consulta, el 02.07.2022).

El sistema de pagos TARGET2 está estrechamente vinculado a la arquitectura del sistema financiero actual, que pivota sobre las entidades de crédito como principales responsables de la concesión de crédito y de la gestión del llamado dinero bancario¹⁰⁶⁴. En definitiva, TARGET2 como sistema de pagos que favorece la posición de países deficitarios frente al resto del Eurosistema, en la medida en que no exige la liquidación de los saldos hasta que se produzca la salida del euro, depende de la intermediación bancaria.

El euro digital, en particular determinados diseños, supone un riesgo para la intermediación bancaria y la estabilidad financiera. Ni siquiera un enfoque pragmático del CBDC puede impedir este hecho sin perjudicar su uso digital como medio de pago¹⁰⁶⁵. *A fortiori*, un euro digital con más funciones implica una mayor amenaza de disrupción para el sistema financiero y monetario vigente. La política monetaria acomodaticia que lleva a cabo el BCE necesita de la intervención de las entidades de crédito y de otras instituciones financieras, ya que el apoyo directo del BCE a los presupuestos públicos se encuentra prohibido por el Derecho originario de la UE¹⁰⁶⁶.

Ciertamente, cabe admitir la posibilidad de que se plantee un euro capaz de sortear estos inconvenientes, pero las autoridades monetarias y la doctrina deben considerar antes del lanzamiento del CBDC si sus teóricos beneficios compensan el riesgo de emprender una reforma de las bases del sistema financiero y monetario que actualmente sostienen al euro¹⁰⁶⁷. En otras palabras, el buen uso de la tecnología requiere conocer para qué situación concreta resulta adecuada¹⁰⁶⁸. El escenario proclive para el euro digital no ha acontecido todavía; ni la mera

¹⁰⁶⁴ Tal y como destaca el propio BCE, TARGET2 principalmente liquida operaciones entre entidades de crédito; las transacciones de los bancos centrales representan una pequeña cuota del total. BCE, “Target balances and monetary policy operations...”, cit., p. 104.

¹⁰⁶⁵ FERNÁNDEZ DE LIS coincide en que la limitación del uso del euro digital como reserva de valor puede perjudicar su función como medio de pago. FERNÁNDEZ DE LIS, S., “Retail Central Bank Digital Currencies: means of payment vs store of value”, *SUERF Policy Note*, N 183, (2020), p. 6.

De hecho, la aplicación de descuentos o remuneración negativa a los ahorros en CBDC implica la posibilidad de que los instrumentos monetarios denominados en euros dejen de circular en condiciones de paridad.

¹⁰⁶⁶ El art. 123.1 del TFUE establece que:

“Queda prohibida la autorización de descubiertos o la concesión de cualquier otro tipo de créditos por el Banco Central Europeo y por los bancos centrales de los Estados miembros, denominados en lo sucesivo «bancos centrales nacionales», en favor de instituciones, órganos u organismos de la Unión, Gobiernos centrales, autoridades regionales o locales u otras autoridades públicas, organismos de Derecho público o empresas públicas de los Estados miembros, así como la adquisición directa a los mismos de instrumentos de deuda por el Banco Central Europeo o los bancos centrales nacionales”.

¹⁰⁶⁷ Se trata de un argumento que también puede utilizarse en contra de la descentralización de la gestión de las bases de datos. ANDOLFATTO indica la posibilidad de mejorar la llevanza actual de los registros de información mediante la transparencia, es decir, mediante la extensión del privilegio de la lectura, sin necesidad de recurrir a un protocolo de consenso que sustituya a los intermediarios profesionales encargados de editar el historial de transacciones. Por otro lado, salvo en casos concretos, los registros centralizados resultarán más eficientes que los descentralizados, ya que los sistemas de reputación que sustentan la confianza en los intermediarios son menos costosos en términos generales que los protocolos de consenso basados en equilibrios no cooperativos. ANDOLFATTO, D., “Blockchain: What It Is, What It Does, and Why You Probably Don’t Need One”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, Vol. 100, N 2, (2018), pp. 93-94.

¹⁰⁶⁸ En el caso de las DLTs, WÜST y GERVAIS indican que estas tecnologías únicamente tienen sentido si se cumplen ciertas condiciones: debe existir necesidad de disponer de una base de datos, hay varios usuarios con la posibilidad de modificar el registro y no existe confianza entre estos editores. Asimismo, la configuración de la red como permissionada o no permissionada y como pública o privada dependerá, respectivamente, de si se requiere la identificación de los nodos anotadores y de si el acceso a la red se encuentra restringido o no. WÜST, K., GERVAIS, “Do you Need a Blockchain?” *Crypto Valley Conference*

digitalización de los medios de pago ni el surgimiento de nuevas alternativas monetarias constituyen actualmente riesgos existenciales para la soberanía monetaria y la estabilidad financiera, y tampoco se ha justificado que el euro digital represente una medida eficaz para frenar las amenazas al predominio del dinero del banco central. De hecho, se ha de considerar la posibilidad de que una errática estrategia de política monetaria del BCE y la falta de credibilidad en la solvencia de los Estados periféricos de la UE aviven el desarrollo de la competencia monetaria dentro de la Eurozona, y no la carencia de una respuesta en forma de emisión de CBDC¹⁰⁶⁹.

on *Blockchain Technology (CVCBT)* 2018, pp. 46-47, disponible en <https://ieeexplore.ieee.org/document/8525392> (última consulta, el 25.07.2022).

¹⁰⁶⁹ La arquitectura institucional de los Estados y las medidas de política económica —no monetarias— adoptadas frente a las crisis también resultan fundamentales para la viabilidad económica de los Estados y, por ende, de su dinero.

En este sentido, TIRADO MARTÍ destaca la necesidad de España de reformar el Estado de las Autonomías, dado que su actual configuración causa una serie de ineficiencias que amenazan la integridad territorial. El objetivo de estas reformas debería consistir en la elaboración de un marco institucional que dote de incentivos a todos los entes territoriales de España para llevar a cabo una actuación fiscal responsable. De hecho, entre las medidas propuestas se incluye la reestructuración de la deuda de las administraciones autonómicas y locales. TIRADO MARTÍ, I., “At the core of the sovereign crisis in Spain: restructuring subnational debt versus internal bailout”, *Capital Markets Law Journal*, Vol. 9, N 1, (2014), pp. 98-99 y TIRADO MARTÍ, I., “En el núcleo de la crisis soberana: ¿reestructuración de deuda ‘subnacional’ o rescate interno” en A. RECALDE CASTELLS, I. TIRADO MARTÍ y A. B. PERDICES HUETOS (coords.), *Crisis y reforma del sistema financiero*, Aranzadi, Cizur Menor, 2014, pp. 108-112.

CAPÍTULO VII. RESUMEN, RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1. Resumen y resultados

A. Las DLTs como disrupción tecnológica

a. Innovaciones tecnológicas

Las DLTs permiten la formación de bases de datos descentralizadas, es decir, sin intermediarios que asuman su control, mediante criptografía, sellos temporales y un protocolo de consenso. De entre todas las implementaciones de la DLT, ha destacado el *blockchain* o cadena de bloques por constituir la solución tecnológica que han adoptado los proyectos más representativos de las llamadas finanzas descentralizadas.

Las DLTs admiten una gran variedad de casos de uso y configuraciones. En particular, una red DLT puede destinarse a una única función, como es el caso de Bitcoin respecto de los pagos en una nueva divisa, o a servir como plataforma sobre la cual desarrollar aplicaciones descentralizadas, supuesto en el que hay que situar a Ethereum. Asimismo, la versión original del proyecto DLT puede mejorarse a través de varias vías, como la actualización de su código, el desarrollo de cadenas paralelas o la disposición de protocolos de segunda capa (registros *offchain*).

Otra clasificación muy relevante para la comprensión de los proyectos DLT distingue las redes DLT públicas de las privadas y las no permissionadas de las permissionadas. En el primer caso, se hace referencia a la libertad o restricción en el acceso a la plataforma. En el segundo, se alude a la verificación de la identidad de los participantes. Las redes públicas no permissionadas disponen de un potencial mucho mayor, ya que la ausencia de filtros de acceso e identidad permite la formación de sistemas ajenos al control estatal. En cambio, las redes privadas y permissionadas acotan deliberadamente su ámbito.

La finalidad fundamental de Bitcoin es crear un sistema de pago descentralizado que elimine el problema del doble gasto, es decir, la posibilidad de que un usuario gaste dos o más veces una unidad monetaria. Bitcoin consigue este objetivo mediante una serie de tecnologías, como la criptografía de clave asimétrica o el sellado temporal de las transacciones. Sin embargo, para evitar que la seguridad del sistema se vea comprometida, Bitcoin dispone de un protocolo de consenso que establece un esquema de incentivos que impide la reversión de las transacciones, siempre que el atacante no disponga del 51% del poder computacional de la red. El protocolo de consenso de prueba de trabajo hace que sea muy improbable que los atacantes puedan desarrollar una cadena de bloques alternativa más larga que la honesta debido a la dificultad de “minar” bloques. En condiciones normales, los nodos honestos participan en la competición para obtener el incentivo económico en forma de Bitcoins de nueva creación.

Ethereum, por su parte, pretende convertirse en la plataforma “del Internet del Valor”, es decir, en un entorno desde el que puedan transferirse diversas clases de activos de forma digital y descentralizada. La pieza clave de esta red es el *smart contract*. Los programadores tienen así la posibilidad de desplegar un *software* que, en el momento en el que se le comunican al sistema el acaecimiento de determinadas condiciones, provocará la ejecución automatizada de determinadas consecuencias. Además, Ethereum dispone de una serie de elementos técnicos que lo diferencian claramente de Bitcoin. Así, en Ethereum el protocolo de consenso actualiza el estado global de un registro basado en cuentas.

Por su parte, Bitcoin utiliza un sistema en el cual cada cuenta tiene un UTXO, o registro de *outputs* no gastados, que verifica que el transferente dispone de fondos suficientes para realizar la transacción. El planteamiento económico también difiere en algunos aspectos. Por ejemplo, el

valor la criptomoneda nativa, el Ether, puede apoyarse en el hecho de que los usuarios la necesitan para utilizar los *smart contracts*, no existe un límite máximo de unidades monetarias que puedan emitirse y Ethereum planifica una transición del protocolo de consenso de prueba de trabajo al de prueba de participación con la intención de reducir el gasto energético que el sistema requiere para actualizar el registro.

Las redes DLT privadas, por su parte, disponen de una mayor flexibilidad que les permite ajustarse a las necesidades de organizaciones que requieren limitar el acceso a la información. Hyperledger, como caso de red DLT privada, dispone de *smart contracts* que pueden proveer diversas funcionalidades a los miembros de un consorcio. Asimismo, la actualización del estado del registro distribuido no requiere de un sistema de incentivos económicos propio de redes DLT públicas, sino que las transacciones comunicadas cumplan la llamada política de respaldo.

Los problemas de escalabilidad y eficiencia de redes DLT como Bitcoin o Ethereum han motivado el desarrollo de otros proyectos que no utilizan la disposición de las transacciones en una cadena de bloques (*blockchain*) como forma de implementar las DLTs. Constituyen tecnologías alternativas a *blockchain* la DAG y la DHT. Sin embargo, su éxito hasta el momento ha sido escaso.

b. Beneficios, límites y riesgos de las DLTs

Características como la seguridad criptográfica o la ejecución automatizada de las DLTs permiten, en principio, a los operadores económicos prescindir de determinados intermediarios encargados del tratamiento de los costes de transacción. Sin embargo, la sustitución del criterio humano por el uso de la tecnología puede acarrear nuevos costes de transacción relacionados con la falta de flexibilidad de los sistemas automatizados ante situaciones imprevistas o fallos de programación. Resulta necesario analizar en el caso concreto qué solución acarrea menos costes. En general, las DLTs resultarán más eficiente para transacciones y relaciones contractuales poco complejas. Asimismo, hay que contemplar la posibilidad de que el valor que aportan determinados intermediarios no se reduzca al tratamiento de los costes de transacción, como ocurre en el caso de las entidades de crédito, o que el recurso a una solución descentralizada no siempre resulte apropiado. En este sentido, el uso de las DLTs solo quedará justificado en la medida en que resulte necesario validar la información que varios sujetos, que no tienen por qué confiar entre sí, introducen en una base de datos y garantizar la seguridad del registro sin recurrir a intermediarios.

Por otro lado, las DLTs aportan beneficios que van más allá de la desintermediación que propicia el tratamiento alternativo de los costes de transacción. Entre ellos, las DLTs permiten atribuir la propiedad de copias digitales a sus adquirentes y aportar la llamada “prueba de existencia” respecto de la integridad de los datos y del momento en el que un sujeto los introduce en el registro DLT, función con mucha utilidad en ámbitos como la propiedad intelectual.

No obstante, el uso de las DLTs debe tener en cuenta los riesgos y límites que presenta esta tecnología, así como la circunstancia de que las redes descentralizadas pueden dar lugar a conflictos para los que el ordenamiento jurídico no puede dar solución. El problema fundamental de compatibilidad que presentan las redes DLT públicas no permissionadas con el ordenamiento jurídico consiste en la imposibilidad de hallar a un responsable con control sobre el sistema. En cuanto a los límites de esta tecnología, se han de señalar: la relación inversa que existe entre descentralización y seguridad, de un lado, y escalabilidad o eficiencia en el procesamiento de transacciones, de otro; la interoperabilidad o capacidad para exportar e importar la información con otros sistemas, y la sostenibilidad de la red en términos medioambientales y de gobierno ante situaciones imprevistas.

Los problemas de seguridad de los registros DLT se manifiestan con motivo de los *smart contracts* y de los protocolos de consenso. Por un lado, los fallos en la programación de los *smart contracts* dan lugar a vulnerabilidades que pueden aprovecharse por parte de atacantes. Los daños

que provocan los accesos ilegítimos son muy acusados debido a la dificultad que existe para modificar los cambios operados en el registro distribuido y a la filosofía “law is code”, que obliga a respetar en cualquier caso la inmutabilidad del historial de transacciones e impide la adopción de mecanismos de gobernanza. Asimismo, la seguridad de la ejecución automatizada que llevan a cabo los *smart contracts* depende de que se les haya comunicado la información correcta, extremo que exige que los llamados oráculos actúen con rectitud. De otro lado, la tendencia de rebajar la seguridad de los protocolos de consenso, o bien para mejorar la eficiencia de la red DLT, o bien debido a una alineación incorrecta de los incentivos económicos que permite que los mineros obtengan beneficios a costa de que se produzcan vulnerabilidades en el sistema, también es preocupante.

En un principio, el surgimiento de la criptoeconomía al margen de un entorno regulado permitió a los criminales utilizar las criptomonedas para realizar transacciones ilegítimas que suponían un riesgo para la prevención del blanqueo de capitales, la financiación del terrorismo y la evasión fiscal. Sin embargo, los legisladores reaccionaron mediante la imposición de obligaciones de diligencia debida a los sujetos que actúan como intermediarios en las transacciones que involucran criptomonedas, los proveedores de servicios de cambio de monedas virtuales por monedas fiduciarias y los proveedores de servicios de custodia de monederos electrónicos. Sin embargo, las reformas legales no permiten a las autoridades supervisar las operaciones en las que no intervienen estos sujetos obligados; los poderes públicos deben rastrear las transacciones en el historial del registro DLT, aunque algunas redes DLT se han diseñado específicamente con la finalidad de impedir el seguimiento de las transacciones ilegítimas.

Los riesgos para la llamada soberanía monetaria también se han pretendido afrontar mediante regulación, a través de la Propuesta de Reglamento MiCA. Su alcance, sin embargo, queda limitado a los criptoactivos emitidos por un responsable al que la Administración pueda dirigirse. Por otro lado, la falta de encaje de los productos de las DLTs en las categorías vigentes causará problemas de aplicación del marco jurídico, tributario y contable a transacciones legítimas con criptoactivos. En este sentido, se requiere una modificación adaptativa del ordenamiento jurídico.

Por último, existe el riesgo de que el uso de *smart contracts* en relaciones de consumo pueda suponer una regresión de los derechos de los consumidores y usuarios, debido a su incompatibilidad con algunas de las características de las DLTs. En particular, el derecho de desistimiento se opone a la inmutabilidad del historial de transacciones. La legalidad de estos contratos inteligentes depende, por tanto, de que los programadores introduzcan funciones que compatibilicen los *smart contracts* con las disposiciones aplicables. En correspondencia, los legisladores deberían aportar seguridad jurídica a las innovaciones que los contratos inteligentes introducen en el ordenamiento, como la posibilidad de desarrollar títulos valores electrónicos con los *smart contracts*.

c. Cuestiones relevantes sobre los proyectos DLT

La naturaleza descentralizada de las DLTs obliga a que la instancia desde la que se regulan los registros distribuidos sea internacional. No obstante, desde el sector público, la ausencia de coordinación obliga a que los esfuerzos se dirijan a favorecer la estandarización tecnológica. Sin embargo, los Estados también pueden desarrollar regulaciones unilaterales, aunque su eficacia se encuentre limitada.

La gobernanza en una red DLT alude a la disposición de mecanismos de coordinación que permiten a las comunidades DLT gestionar el registro distribuido con la finalidad de dotarlo de flexibilidad y seguridad jurídica. Existen varios modelos de gobernanza. Las redes DLT admiten tanto gobiernos centralizados como descentralizados. Cabe destacar que la formalización de la gobernanza en las redes DLT cobra especial sentido cuando su comunidad pretende cierta cooperación con las autoridades; en el caso contrario, el protocolo de consenso bastará para cohonestar a la comunidad DLT frente a la acción estatal.

En cuanto a la elección del protocolo de consenso, es decir, el sistema por el que se selecciona al nodo con derecho a editar el registro distribuido, la principal alternativa a la prueba de trabajo, la prueba de participación, adolece de algunas vulnerabilidades que deben compensarse necesariamente mediante mecanismos de gobernanza. Esta circunstancia ocasiona que la prueba de participación, aunque resulte más eficiente en términos de gasto energético, únicamente resulte indicada para aquellos registros DLT que dispongan del complemento de la gobernanza; las redes DLT que, en cambio, no pretendan ninguna coordinación adicional al protocolo de consenso deberán seguir con la prueba de trabajo.

Por último, se ha de destacar el hecho de que en el ecosistema DLT hayan surgido intermediarios. Se trata de operadores económicos que facilitan la realización de transacciones con criptoactivos y la gestión de los monederos digitales, funciones que desempeñan los proveedores de servicios de cambio de monedas virtuales y de custodia de monederos electrónicos, respectivamente. A pesar de que en el futuro puedan desarrollarse servicios de intermediación descentralizados y de que los usuarios pueden responsabilizarse de las funciones de custodia y realizar transacciones por otros medios, lo cierto es que la actuación de estos operadores económicos puede suponer un riesgo para sus clientes, ya que pueden perder los fondos custodiados en ciberataques. Por este motivo, estos intermediarios se han regulado. Los oráculos, en cambio, todavía permanecen al margen de la legislación porque no actúan en el mercado de las criptomonedas. Sin embargo, el legislador debería establecer ciertas garantías acerca de su actuación si se pretende brindar seguridad jurídica a la criptoeconomía.

d. Las DLTs y el ordenamiento jurídico.

i. Las DLTs en el Derecho comparado

Bajo el principio de neutralidad tecnológica, Suiza ha analizado la idoneidad de su ordenamiento jurídico para recibir a los proyectos DLT. La FINMA ha desarrollado una clasificación funcional de los criptoactivos, que distingue entre *tokens* de activos, de utilidad y de pago. No obstante, no debe confundirse la anterior taxonomía con la calificación legal del criptoactivo como valor negociable o instrumento financiero, caso en el que le resultará aplicable la normativa del mercado de valores.

El análisis suizo destaca la importancia de modificar ciertas normativas. Así, se ha de revisar la necesidad de que el reconocimiento de efectos jurídicos de determinados activos digitales dependa de su inscripción en registros gestionados por determinados intermediarios. Igualmente, España debe aprobar un régimen que proteja a los propietarios de criptoactivos frente a reclamaciones de terceros. La aparición de los criptoactivos afecta transversalmente al ordenamiento jurídico. El Derecho comparado y las propuestas normativas de la UE muestran la oportunidad de introducir en la regulación prudencial dispensas y nuevos regímenes jurídicos, como una nueva autorización *sui generis* de entidad de crédito.

Francia también ha abordado la adaptación de su ordenamiento. El legislador aprobó varias medidas: la equiparación de los efectos jurídicos de los valores representados en registros gestionados por intermediarios y los criptoactivos, la modificación de las normas tributarias aplicables a los criptoactivos, la remoción de algunos de los obstáculos a los que se enfrenta la operativa con criptoactivos y el establecimiento de incentivos regulatorios para el cumplimiento voluntario de ciertos estándares. En cualquier caso, estas medidas deben entenderse sin perjuicio de la primacía del derecho de la UE. Por este motivo, la organización supranacional debe liderar el acoplamiento de las DLTs en el ordenamiento jurídico.

En el caso de EEUU, se ha de destacar la publicación de normas dirigidas a facilitar la aplicación de las disposiciones vigentes a los operadores de la criptoeconomía para garantizar la seguridad jurídica. Entre las medidas se incluyen la exención del sometimiento a determinadas regulaciones

siempre que se cumplan determinados requisitos y la aplicación de dispensas por los incumplimientos legales que tengan su origen en la dificultad para aplicar las categorías vigentes a los cryptoactivos. Asimismo, las agencias administrativas también publican criterios interpretativos para facilitar la operativa.

En el Reino Unido, la FCA ha destacado que el principio de neutralidad tecnológica se opone exclusivamente a la regulación de las DLTs en sí; no afecta, en consecuencia, a la adaptación del ordenamiento jurídico a sus aplicaciones.

Por su parte, Italia ha tratado de facilitar el encaje de las DLTs en el Reglamento eIDAS y aclarar la eficacia jurídica de los *smart contracts*. No obstante, una vez más, las posibilidades de los Estados miembros se encuentran limitadas por el Derecho de la UE. De esta manera, el uso de las DLTs como servicio de confianza es una de las cuestiones que deberían abordarse por parte de las instituciones de la UE. Asimismo, el uso de los *smart contracts* no debería condicionarse a la disposición de una forma determinada, sí al cumplimiento de las disposiciones aplicables.

ii. Las DLTs en el Derecho español

El ordenamiento jurídico presenta algunas zonas de fricción con las DLTs que el legislador debe resolver. En primer lugar, se ha de destacar que el Reglamento eIDAS no contempla el modelo de identidad soberana que las DLTs permiten desarrollar. El silencio de la normativa impide reconocer determinados efectos jurídicos a los sistemas de identificación y firma electrónica que no se basen en certificados electrónicos que suministran los proveedores de servicios de confianza. En cualquier caso, la equiparación de efectos jurídicos no debe acaecer con carácter inmediato; resulta preciso que el legislador determine las condiciones que los instrumentos de la identidad soberana deben reunir para atribuirles plena eficacia. Asimismo, el nuevo esquema de identidad soberana supone una nueva concepción de la identificación electrónica y la participación de nuevos actores, circunstancia que requiere una aclaración sobre la aplicación de instituciones jurídicas como la responsabilidad al nuevo paradigma. Por otro lado, hay que tener en cuenta que ciertos usos de la firma electrónica en los entornos distribuidos no van dirigidos a identificar a los usuarios, sino que constituyen un elemento destinado a asegurar la seguridad de las transacciones.

En cuanto a la calificación jurídica de la relación de cooperación que implica la pertenencia a una red DLT, se ha de destacar la importancia, en caso de existir, de los estatutos adoptados. El pacto estatutario prevalece así sobre la calificación legal externa. En ausencia de estatutos, la colaboración establecida supone una relación contractual atípica. Respecto de la exigencia de responsabilidad, y sin perjuicio del reconocimiento de los problemas prácticos que acarrea esta conclusión, se ha de destacar la conveniencia de un modelo mixto. Se trata de un régimen jurídico asimétrico que obliga al miembro de una red DLT a reclamar el daño a su causante, mientras que el tercero se beneficia de una responsabilidad por hecho ajeno que le permite exigir la compensación a cualquiera de los integrantes de la red DLT con independencia de que el daño no le resulte imputable.

El uso de un registro DLT como plataforma a partir de la cual desarrollar aplicaciones descentralizadas plantea la posibilidad de que concurran conductas anticompetitivas en estos entornos descentralizados. En particular, se admite el acaecimiento de abusos de la posición de dominio, por un lado, y conductas colusorias, de otro. Los abusos de la posición dominante pueden proceder de un operador económico con control sobre la plataforma o del propio ecosistema descentralizado. Así, operadores económicos como los mineros o los intermediarios pueden llevar a cabo este ilícito de la competencia. No obstante, en particular cuando la infracción se produce por parte del ecosistema de una red DLT pública, la represión de estas conductas es muy compleja, debido a la imposibilidad del poder público de afectar al registro DLT sin controlarlo.

Por otro lado, en una base de datos DLT pueden formalizarse acuerdos colusorios que tengan por objeto elementos internos o externos al registro distribuido. En particular, el uso de la innovación tecnológica puede modificar la metodología de las autoridades de la competencia para la persecución de esta clase de ilícitos. Por otro lado, si bien es cierto que las garantías del Derecho público restringen la exigencia de responsabilidad de los miembros de las redes DLT, las peculiaridades de las DLTs podrían justificar una ampliación de los casos sancionables. Existe, además, incertidumbre en torno a la cuestión de la imposición de regulación pro-competitiva a los registros DLT en el futuro.

El cumplimiento de la normativa de protección de datos personales actualmente por parte de las redes DLT públicas no permissionadas no resulta posible, en la medida en que en estos registros DLT que se encuentran sujetos y no exentos a esta regulación no existe un sujeto al que se le pueda exigir el cumplimiento de los derechos y obligaciones dimanantes de las disposiciones aplicables. Únicamente podrá revertirse esta situación si el diseño de los registros queda condicionado al cumplimiento de las disposiciones aplicables, circunstancia que únicamente se logrará si se desarrolla una relación de cooperación entre programadores y autoridades estatales. Las redes privadas y permissionadas gozan de más flexibilidad para conseguir este fin. Sin embargo, se ha de destacar la utilidad del RGPD en la materia; la regulación de las decisiones individuales automatizadas debe constituir el modelo de reglamentación de los *smart contracts*.

Las DLTs permiten la constitución de organizaciones descentralizadas e, incluso, de organizaciones descentralizadas autónomas o DAO. En el primer caso, la administración de la sociedad se lleva a cabo de manera descentralizada, mientras que en el segundo su gestión se vería completamente automatizada. La Junta General como órgano formal de deliberación también desaparecería como consecuencia de la disrupción tecnológica. No obstante, el uso intensivo de la tecnología en este tipo de organizaciones introduce una serie de riesgos que requieren de cierto tratamiento a través de mecanismos de gobernanza. En cuanto a su calificación jurídica, no existe una categoría jurídica vigente en la que pueden subsumirse estas organizaciones; únicamente cabe aplicar por analogía determinadas normas jurídicas para resolver ciertos conflictos jurídicos que susciten estas entidades.

También cabe plantear el uso de las DLTs en el marco del funcionamiento de sociedades reguladas con la finalidad de mejorar los procesos societarios. Entre ellos, la constitución de las sociedades, la representación de las acciones y participaciones y el uso de *smart contracts* para automatizar ciertas funciones y procurar una desintermediación que facilite la intervención directa del socio en la vida societaria. Ahora bien, el legislador debe revisar el marco jurídico para modificar las disposiciones que resulten incompatibles con la innovación tecnológica en el ámbito societario.

B. La regulación de las principales aplicaciones de las DLTs

Determinadas aplicaciones de las DLTs requieren de un tratamiento particular por parte del ordenamiento jurídico.

Destaca el caso de los contratos inteligentes con implicaciones legales o *smart legal contracts*. No se trata de un nuevo tipo contractual; constituye únicamente un soporte que permite automatizar en todo o en parte la ejecución de los términos de un contrato. La automatización de los contratos, sin embargo, también acarrea riesgos, de ahí que por lo general únicamente resulte indicada para relaciones contractuales sencillas. Buena parte del origen de estos riesgos se encuentra en la inseguridad jurídica de las redes DLT públicas. Destaca la dificultad para ejercer acciones contra las contrapartes y los oráculos. En cualquier caso, el recurso a un contrato inteligente no conlleva una renuncia de las partes al ejercicio de acciones judiciales.

El legislador debe disponer una regulación específica para los *smart contracts*, sin perjuicio de que el régimen jurídico aplicable a la relación jurídica con carácter principal venga dado por el

clausulado y las normas de derecho positivo aplicables al contrato de que se trate. Concretamente, la normativa debe asegurar la imparcialidad de los contratos inteligentes y la corrección de la información suministrada por los oráculos, así como establecer un equilibrio entre los derechos de los acreedores y deudores en lo que se refiere a las ejecuciones automatizadas. No obstante, se ha de reconocer que la posibilidad de revertir por completo mediante el recurso a los Tribunales de Justicia los efectos de las ejecuciones de los contratos inteligentes en el caso de las redes DLT públicas depende de que haya existido un previo condicionamiento por parte sus programadores. Por su parte, el TRLGDCU debe incorporar medidas específicas para proteger al consumidor en las relaciones contractuales en las que intervengan *smart contracts*, como la prevalencia de la información suministrada por escrito al consumidor sobre su plasmación en el código. Por último, este régimen jurídico debe recoger la regulación que el RGPD establece para las decisiones automatizadas.

Por otro lado, mayor disrupción representa la posibilidad de reconocer personalidad jurídica a las aplicaciones de las DLTs. La propuesta de *lege ferenda* tiene una finalidad práctica: declarar la responsabilidad de entidades cibernéticas cuando no existe una persona física o jurídica a la que imputarle los daños causados. La medida cobra especial relevancia en el caso de las DAO. No obstante, una vez más, los preceptos propuestos únicamente alcanzarán su finalidad si existe un previo condicionamiento de los contratos inteligentes que han dado lugar a la entidad con autonomía.

Los activos digitales representados en un registro DLT reciben la denominación de *tokens* o criptoactivos. Los criptoactivos no disponen de un único régimen jurídico, ya que el concepto captura realidades tan diversas como las criptomonedas, los valores negociables e instrumentos financieros y simples cupones o derechos de uso. No obstante, las criptomonedas se mantienen al margen de los problemas que el resto de los criptoactivos suscitan para el Derecho del mercado de valores. En particular, por un lado, se ha de destacar la dificultad para aplicar el marco jurídico vigente ante la dificultad para discernir qué criptoactivos constituyen en el caso concreto valores negociables e instrumentos financieros y, de otro lado, la existencia de distintas opciones de política regulatoria relativas al encaje de los *tokens* en el ordenamiento jurídico. En este sentido, la Comisión Europea ha escogido mantener los denominados *security tokens* en el ámbito de la directiva MiFID II y la normativa nacional de transposición, mientras que la Propuesta de Reglamento MiCA establece una regulación *ad hoc* para los criptoactivos que permanecen al margen de su ámbito de aplicación.

Las DLTs han permitido la formación de nuevos mercados primarios y secundarios de criptoactivos, las ICO y los *exchanges*, respectivamente. Mediante las ICO, muchos proyectos pueden obtener financiación con el ofrecimiento de una clase de activo que no tiene por qué constituir un instrumento de capital o de deuda, y que se limita a ofrecer una expectativa de revalorización. El Derecho del mercado de valores debe proporcionar a los inversores garantías adecuadas frente a esta nueva clase de activos. Asimismo, la Propuesta de Reglamento MiCA regula los *exchanges* como servicio de criptoactivos; los *exchanges* que enlisten a los criptoactivos sujetos a la vigente normativa del mercado de valores, por su parte, podrán beneficiarse de un régimen piloto que permite dispensar a los SMN y a los DCV del cumplimiento de determinados requisitos regulatorios bajo ciertas condiciones. La regulación de los *exchanges*, con independencia del tipo de criptoactivo que admitan a negociación, debe plantear un equilibrio entre las posibilidades de desintermediación que ofrecen las DLTs y la existencia de garantías que aseguren el correcto funcionamiento de los mercados de criptoactivos.

Más allá del Derecho del mercado de valores, se ha de reconocer que el criptoactivo puede constituir el objeto de derechos reales. Asimismo, el *token* puede representar derechos reales externos al registro DLT, incluidos bienes inmuebles. En este caso, sin embargo, el interés de un adquirente del *token* puede decaer ante un mejor derecho de un tercero si la fe pública no respalda dicha representación. En consecuencia, para determinados criptoactivos la seguridad jurídica resulta indispensable.

Las AAPP pueden aprovechar las aplicaciones registrales y contractuales (*smart contracts*) de las DLTs para mejorar sus procesos internos, los procedimientos administrativos y la prestación de servicios públicos. En particular, los procedimientos de concurrencia competitiva constituyen un ámbito propicio para el uso de *smart contracts*. Respecto a la adecuación del Derecho administrativo para la recepción de esta innovación tecnológica, se ha de destacar la insuficiencia del vigente régimen jurídico de la actuación administrativa automatizada como marco de garantías frente a la afectación de la esfera jurídica del ciudadano mediante *smart contracts*. Así, el legislador debería añadir a esta escueta regulación la previsión de un procedimiento administrativo específico destinado a aprobar el empleo de *smart contracts* en las relaciones jurídicas que las AAPP mantengan con los administrados, un derecho a conocer el funcionamiento del sistema automatizado y las garantías que el art. 22.3 RGPD establece para las decisiones individuales automatizadas. Además de las garantías, el legislador deberá completar la reglamentación de la actuación administrativa automatizada mediante la aclaración del tipo de actuación administrativa que cabe automatizar, en particular si un sistema automatizado puede adoptar actos administrativos discrecionales, y el alcance del derecho a la explicación del ciudadano que resulta objeto de la actuación administrativa automatizada, específicamente si puede acceder al código del contrato inteligente.

C. El dinero y la política monetaria

El análisis de las criptomonedas requiere una previa comprensión del dinero y de la política monetaria. La incursión en los rudimentos de la teoría monetaria resulta necesaria porque la calificación de las criptomonedas como dinero resulta controvertida. Esto se debe a que predomina entre la doctrina económica la teoría realista-funcional, según la cual el dinero es aquello que cumple simultáneamente con las funciones de unidad de cuenta, medio de pago y reserva de valor. Por otro lado, algunos autores secundan la tesis cartalista, que defiende que corresponde exclusivamente al Estado designar qué se utiliza como dinero en el territorio en el que ejerce su jurisdicción. De esta manera, la volatilidad de las criptomonedas o la ausencia de refrendo estatal constituyen causas que impiden tratar a las criptomonedas como dinero.

No obstante, el dinero no es más que una institución social creada para facilitar el intercambio económico y la realización de las preferencias subjetivas de los agentes económicos. Asimismo, se ha de destacar que el dinero puede adoptarse tanto de manera espontánea por el mercado para superar los problemas del trueque como en virtud del impulso estatal.

Inequívocamente, la acción estatal contribuye decisivamente en la determinación de la moneda de circulación mayoritaria en una economía. Esto se debe, entre otros factores, a la capacidad del Estado de exigir el pago de impuestos en una divisa determinada y a la posibilidad atribuir a una moneda curso legal. De esta manera, frente a la posible competencia monetaria que pueda surgir, la divisa respaldada por el Estado goza de una serie de ventajas competitivas decisivas. No obstante, las prerrogativas del poder público sobre el dinero también se encuentran limitadas, ya que, en última instancia, su uso y aceptación dependen del consenso social. Así, una situación de hiperinflación puede justificar la sustitución del dinero respaldado por el Estado por una divisa externa.

Asimismo, el dinero puede consistir en una mercancía, un signo o un crédito con capacidad para liquidar deudas monetarias, aunque hay que tener en cuenta que el dinero y el crédito son realidades diferentes. Actualmente, la mayoría del dinero en circulación procede del crédito bancario; la concesión de un préstamo bancario supone la creación de dinero, si bien es cierto que los excesos monetarios redundan en la acentuación de los ciclos económicos y en crisis financieras. Por otro lado, el dinero del banco central, que hoy en día se limita al efectivo y a los depósitos de determinadas entidades financieras en el banco central, constituye jurídicamente una deuda del Estado. No obstante, a diferencia del caso del dinero bancario, el banco central no está obligado a entregar nada distinto de su propio dinero contra la devolución de las unidades

monetarias que ha emitido. La ausencia de convertibilidad del dinero del banco central, es decir, su carácter fiduciario, determina que ontológicamente este no deba considerarse una deuda del Estado, sino como un instrumento *sui generis* que cumple la función de constituir la base de los sistemas monetarios posteriores al sistema de Bretton Woods.

El dinero constituye una variable fundamental para el desarrollo de los procesos económicos, de ahí que la política monetaria resulte una herramienta esencial del Estado para la intervención en la economía. No obstante, existen distintas perspectivas acerca de la política monetaria.

De acuerdo con la posición keynesiana, la acción de los bancos centrales debe ir dirigida a estimular la inversión mediante la bajada del coste de la financiación, es decir, de la reducción del tipo de interés, para conseguir un nivel de demanda agregada al que corresponda el pleno empleo; correlativamente, las subidas en el tipo de interés causarán un incremento del coste de la inversión que permitirá al banco central contener la inflación causada por el exceso de demanda. La cantidad de dinero no juega un papel relevante en los modelos (*neo*)keynesianos, de ahí que la imposibilidad de estimular la inversión en un escenario de escaso crecimiento económico mediante una reducción de los tipos nominales de interés requiera recurrir a estímulos fiscales o a las llamadas políticas monetarias no convencionales.

En cambio, la postura monetarista defiende que la cantidad de dinero en circulación debe constituir el principal interés de la política monetaria y la vigencia de la Teoría Cuantitativa del Dinero como marco intelectual desde que el que relacionar la cantidad y velocidad de circulación del dinero con el nivel general de precios y la cantidad de bienes y servicios producidos. De esta manera, la inflación se explica con aumentos de la cantidad de dinero si el resto de las variables permanecen constantes. No obstante, para evitar pronósticos erróneos, resulta necesario utilizar una definición de dinero amplia, que capture todos los activos líquidos utilizados como dinero, y controlar el comportamiento del resto de variables de la ecuación cuantitativa, que es la expresión matemática de la Teoría Cuantitativa del Dinero. Con estas premisas, la Teoría Cuantitativa del Dinero constituye una referencia indispensable para la política monetaria, si bien es cierto que esta no permite explicar todo el comportamiento de la economía.

Los bancos centrales llevan a cabo la política monetaria en virtud del monopolio que ostentan sobre la emisión de base monetaria. La base monetaria constituye un activo fundamental para las entidades de crédito, ya que la liquidación de las obligaciones interbancarias y la redención de los depósitos bancarios en efectivo depende de la disponibilidad de reservas bancarias. Asimismo, hay que tener en cuenta que en el sistema de reserva fraccionaria las entidades de crédito crean dinero bancario a partir de la base monetaria. El banco central aprovecha su monopolio para influir decisivamente en el mercado de reservas bancarias, de tal manera que la fijación del tipo de interés interbancario produzca en última instancia efectos sobre la economía real.

En el periodo previo a la crisis económico-financiera de 2007-08, la política monetaria del BCE se reducía a la fijación del tipo de interés interbancario mediante operaciones de mercado abierto que inyectaban o retiraban liquidez del sistema bancario. Posteriormente, la crisis financiera motivó la introducción de nuevos instrumentos que han cambiado la ejecución de la política monetaria, como la remuneración de las reservas voluntarias. En particular, las llamadas políticas monetarias no convencionales tienen por objeto estimular la demanda agregada, y por ende la inflación, en un contexto de bajo crecimiento económico en el que el tipo de interés nominal se sitúa en un nivel de cero o cercano al cero por ciento. No obstante, la necesidad del banco central de implementar estas medidas no convencionales no debe interpretarse como un signo del agotamiento de la eficacia de la política monetaria, sino como una prueba de que la función de los bancos centrales no debe limitarse a la determinación del tipo de interés interbancario.

En los últimos años, y a pesar de implementar el QE como medida de política monetaria no convencional que incide directamente sobre la cantidad de dinero en circulación, los bancos centrales han definido una estrategia de política monetaria, el *inflation targeting*, que pretende

conseguir la estabilidad de precios en el medio y largo a plazo únicamente con la gestión del tipo de interés interbancario y las expectativas sobre inflación. Los bancos centrales prescinden así de utilizar reglas monetarias que, en aplicación de la Teoría Cuantitativa del Dinero, consideran la cantidad de dinero en circulación como un valor determinante para conseguir la estabilidad de precios. En este error ha incurrido el BCE, al degradar el papel del llamado pilar monetario en la conformación de su política monetaria desde la revisión que realizó en 2003. En consecuencia, el actual incumplimiento del mandato de conseguir la estabilidad de precios no debería limitarse a un endurecimiento temporal de la política monetaria, sino al desarrollo de una nueva estrategia que vuelva a otorgar relevancia al dinero como variable macroeconómica.

D. El fin del monopolio del dinero *fiat* en el ámbito monetario

a. Competencia monetaria

Las criptomonedas constituyen una disrupción económica, porque introducen competencia en un mercado de dinero en el que la oferta monetaria venía dada exclusivamente por el dinero fiduciario respaldado por el Estado. Además, las características de las DLTs impiden que los Estados puedan eliminar mediante regulación esta competencia; los gobiernos deberán disponer los incentivos económicos correctos para evitar la sustitución de su dinero, con la consiguiente disminución de los beneficios del señoreaje y el debilitamiento de la transmisión de la política monetaria.

La calificación de las criptomonedas como dinero no supone la única cuestión controvertida. También constituye objeto de discusión la determinación de su valor intrínseco. Las criptomonedas no pueden valorarse como un activo productivo; su carácter dinerario implica que su valor venga dado por su aceptación como pago de deudas monetarias por terceros.

Las unidades monetarias de criptomonedas “originarias”, es decir, emitidas en el marco de las reglas del protocolo de consenso del registro DLT de que se trate, constituyen el objeto de derechos reales. Por este motivo, las criptodivisas entrañan un caso de dinero-mercancía. Se trata de un bien digital que se utiliza como dinero, si bien es cierto que las criptomonedas carecen de cualquier otro uso. Ahora bien, no existe ningún impedimento para que surjan entidades de crédito que desarrollen un sistema de reserva fraccionaria en el que los depósitos bancarios se refieran a unidades de criptomonedas, y las obligaciones de los depositantes se encuentren únicamente parcialmente cubiertas. No obstante, en ausencia de una autoridad central no existirá un prestamista de última instancia con capacidad para prestar base monetaria en el caso de una crisis financiera o un comprador de activos que inyecte liquidez en la economía para evitar una crisis deflacionaria. Asimismo, existe la posibilidad de que más Estados sancionen a alguna criptomoneda como moneda de curso legal o acepten el pago de impuestos en estas nuevas divisas.

En cualquier caso, el uso de las criptomonedas como dinero, aunque limitado, demuestra la posibilidad de establecer sistemas monetarios que no se gestionan por un banco central. De acuerdo con los partidarios de la Escuela Austriaca de economía, se trata de una alternativa deseable, porque la política monetaria expansiva es responsable de la creación de los ciclos económicos. Todavía más controvertida resulta la defensa de la conveniencia de eliminar el sistema de reserva fraccionaria, y obligar así a que todos los depósitos bancarios se encuentren respaldados por reservas y a que el crédito deba proceder necesariamente del ahorro previo.

Más allá del debate sobre la conveniencia de la desaparición de la banca central y del sistema de reserva fraccionaria, se ha de indicar que las criptomonedas introducen una competencia monetaria que disciplina la actuación de los poderes públicos, ya que la existencia de monedas virtuales competidoras facilita la sustitución monetaria ante políticas de represión financiera y medidas monetarias expansivas que tengan como efecto colateral el aumento de la inflación.

b. Las distintas clases de criptomonedas y su encaje en la Propuesta de Reglamento MiCA

Por otro lado, conviene distinguir a las criptomonedas “universales” de las “sectoriales”. La distinción se establece en función de que el valor de las monedas virtuales se encuentre unido exclusivamente a su utilidad como medio de pago para cualquier tipo de transacción económica o, en cambio, añadida a lo anterior la utilidad de los servicios de una plataforma digital vinculada. Bitcoin y Ethereum gozan de ventajas competitivas por el hecho de haber constituido las primeras criptomonedas de su tipo, universal y sectorial, respectivamente.

Además de estas criptomonedas de primer y segunda generación, se encuentran las denominadas monedas estables o *stablecoins*. Estas criptomonedas se caracterizan por incorporar algún tipo de mecanismo de estabilización que reduce la volatilidad de su precio de cotización en términos de un valor de referencia. En esta clase de moneda virtual, al contrario que en las anteriores, es frecuente la existencia de algún tipo de autoridad que asuma responsabilidades frente a los titulares de las unidades monetarias. Precisamente, esta circunstancia permite que las autoridades regulen estas monedas estables, como ha ocurrido en la UE con la Propuesta de Reglamento MiCA. Ahora bien, la existencia de personas responsables y, por ende, de la posibilidad de regular las criptomonedas se corresponde normalmente con la utilización de una reserva de activos como mecanismo de estabilización.

Una clasificación funcional de las monedas estables según el mecanismo de estabilización empleado distingue entre: fondos tokenizados, como aquel caso en el que las unidades de la moneda estable se emiten y redimen contra fondos denominados en otra divisa; monedas estables con colateral, donde una reserva de diversos (cripto)activos limita las fluctuaciones de la unidad monetaria respaldada, y *stablecoins* algorítmicas, que utilizan un sistema automatizado que gestiona la oferta monetaria de la criptomoneda en función de su demanda para mantener un valor estable. Cabe destacar que, a mayor sofisticación del mecanismo de estabilización, peores resultados se obtendrán en lo que respecta la reducción de la volatilidad.

Por otro lado, el caso de Libra ha mostrado la posibilidad de que grandes conglomerados empresariales actúen como banco central de una criptomoneda. Libra adopta un enfoque de criptomoneda sectorial al que añade cierto grado de centralización. No obstante, su principal singularidad radicaba en la posibilidad de extender entre la base de usuarios de las empresas patrocinadores su uso. Sin embargo, este hecho significaba para las autoridades un riesgo real de sustitución del dinero fiduciario respaldado por el Estado. En consecuencia, los poderes públicos han impedido que este proyecto prosperara sin comprobar sus posibles beneficios.

La Propuesta de Reglamento MiCA regula la emisión de criptoactivos que no constituyen valores negociables y de determinadas monedas estables. En ambos casos, se trata de *tokens* que se han puesto en circulación por parte de sujetos concretos. Hay que tener en cuenta que los reguladores carecen de la posibilidad de regular los criptoactivos vinculados al protocolo de consenso de redes DLT públicas.

En consecuencia, las criptomonedas que se emiten en virtud del protocolo de consenso de redes DLT públicas, también llamadas monedas virtuales nativas, carecen de un régimen jurídico definido. Esta situación provoca que subsistan pronunciamientos que niegan su condición dineraria con motivo de la influencia de las tesis realista-funcional y cartalista. No obstante, el tratamiento jurídico y económico de estas criptomonedas dependerá de la intención de las partes involucradas.

Por otro lado, las únicas criptomonedas que la Propuesta de Reglamento MiCA regula expresamente vienen dadas por aquellas que encajan en las categorías de fichas referenciadas a activos y fichas de dinero electrónico. Sin embargo, la Propuesta de Reglamento MiCA no ha previsto una regulación específica para otras criptomonedas que no son nativas o que circulan en redes DLT privadas. Las autoridades solo pueden encajarlas en la categoría residual de

“criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico”, prevista para los *tokens* de utilidad. Se requiere una aclaración normativa.

La regulación de la emisión de criptoactivos distintos de fichas referenciadas a activos o fichas de dinero electrónico en la Propuesta de Reglamento MiCA aplica técnicas del Derecho del mercado de valores, tales como la obligación de publicar un libro blanco en clara analogía con el folleto informativo de las OPV. No obstante, el hecho de no constituir valores negociables justifica una carga regulatoria menos onerosa y adaptada para los criptoactivos. Por otro lado, la puesta en circulación de fichas referenciadas a activos, como monedas estables que estabilizan su valor mediante una reserva de activos, requiere adicionalmente obtener una autorización administrativa en el Estado miembro de origen. Acerca de esta autorización, la Propuesta de Reglamento MiCA prevé causas de denegación basadas en consideraciones de política monetaria.

Respecto de las fichas de dinero electrónico, el legislador ha reservado la provisión de estas criptomonedas a los emisores autorizados como entidades de crédito o entidades de dinero electrónico. De acuerdo con la Propuesta de Reglamento MiCA, los emisores deberán ofrecer y redimir las fichas de dinero electrónico por el valor nominal del dinero fiduciario representado. El canje de las fichas por los fondos de respaldo constituye así un derecho en el caso de las fichas de dinero electrónico, derecho que no se prevé para las fichas referenciadas a activos. El BCE ha destacado la necesidad de “unificar” el régimen jurídico de las monedas estables reguladas en la Propuesta de Reglamento MiCA, para poder así denegar a las fichas de dinero electrónico la autorización de emisión por motivos de política monetaria.

Tanto para las fichas de dinero electrónico como para las fichas referenciadas a activos se establece una prohibición de devengo de intereses, con la finalidad de limitar su uso como reserva de valor. Asimismo, se prevé un régimen agravado para las denominadas fichas significativas, es decir, aquellas monedas estables que han alcanzado cierta importancia sistémica, para limitar los riesgos adicionales que estas criptomonedas representan para la soberanía monetaria de la Eurozona.

La Propuesta de Reglamento MiCA también aborda otras cuestiones relevantes de estos nuevos mercados, como la actividad de los proveedores de servicios de criptoactivos o la protección de la integridad de los mercados. No obstante, deja otros aspectos importantes sin tratar. Esta circunstancia demuestra que MiCA requiere un articulado flexible que permita su posterior desarrollo normativo.

En definitiva, la existencia de determinadas medidas en la Propuesta de Reglamento MiCA, como la posibilidad de denegar la autorización de emisión por motivos de política monetaria, la prohibición de devengo de intereses y el régimen agravado de las fichas significativas, demuestra que uno de los objetivos fundamentales de la Propuesta de Reglamento MiCA, además de la consecución de las finalidades propias de la normativa del mercado de valores como la protección de los inversores, consiste en la limitación de la competencia monetaria que pudieran representar determinadas monedas estables vía regulación. Sin embargo, el planteamiento de que solo determinadas monedas estables representan un riesgo para la política monetaria y la estabilidad financiera parece desconocer el hecho de que los Estados e inversores se decantan por Bitcoin, criptomoneda volátil, como alternativa monetaria.

c. Argumentos en favor y en contra de la competencia monetaria

En respuesta directa a la tesis de Hayek de que la competencia monetaria garantiza la estabilidad de los precios, se ha alegado que la concurrencia de monedas competidoras dificulta la coordinación de los agentes económicos, que deben familiarizarse con el uso de varias unidades de cuenta en lugar de poder disponer de un lenguaje económico común. Asimismo, se ha destacado la posibilidad de que los emisores privados tengan incentivos para explotar su poder de señoreaje, así como el hecho de que las monedas malas puedan desplazar a las buenas debido a la

existencia de fallos de mercado. Por otro lado, cabe dudar de que las criptomonedas alcancen cotizaciones estables, o bien debido a que su oferta inelástica ocasiona que su precio fluctúe sensiblemente con los cambios que experimenta su demanda, o bien con motivo de las deficiencias del mecanismo de estabilización empleado.

Asimismo, las criptomonedas y criptoactivos en general dan lugar a riesgos para la estabilidad financiera. Su volatilidad puede traducirse en pérdidas significativas de capital que pueden afectar negativamente al conjunto del sistema financiero debido a la acción conjunta de diversos factores, como la exposición del sector financiero al mercado de criptoactivos o el contagio de la desconfianza a las entidades de crédito. En menor medida, los criptoactivos pueden constituir una nueva alternativa de inversión que descapitalice al sector financiero. Asimismo, la desregulación de algunos intermediarios resulta incompatible con la integridad de estos mercados.

En cuanto a la repercusión de las criptomonedas sobre la política monetaria, se ha de destacar que la principal causa por la que la competencia perjudica la transmisión de la política monetaria es la desintermediación bancaria, es decir, la sustitución de los depósitos bancarios denominados en la moneda fiduciaria respaldada por el Estado por terceras divisas. En este caso, los bancos centrales perderían el principal canal por el que se transmite su política monetaria: la influencia en el coste de la financiación de las entidades de crédito mediante una menor o mayor provisión de base monetaria o el pago de intereses a las reservas voluntarias. Una desintermediación parcial también tendría implicaciones sobre la política monetaria porque afectaría al comportamiento de las entidades de crédito al provocar la disminución de sus fuentes de financiación. Sin embargo, los bancos centrales, podrían compensar la pérdida de depositantes con una correlativa inyección de liquidez.

Por otro lado, a mayor dependencia del dinero del banco central, la autoridad monetaria podrá conservar un mayor grado de influencia en la economía. En definitiva, la competencia monetaria provoca una desintermediación bancaria que perjudica la transmisión de la política monetaria. En consecuencia, los bancos centrales intentan restringir la competencia monetaria a través de la normativa.

No obstante, la competencia monetaria que representan las criptomonedas también aporta beneficios. El principal, aunque tiene lugar a costa de limitar la soberanía monetaria, consiste en la imposición de disciplina al banco central, que ve así limitada su capacidad para producir inflación. Se trata de una ventaja atribuible a cualquier alternativa monetaria, ya venga dada por criptomonedas con oferta inelástica o elástica. En cualquier caso, conviene analizar los usos o el funcionamiento general de la economía con criptomonedas de oferta inelástica y elástica.

En el caso de las criptomonedas con oferta inelástica, la emisión de unidades monetarias no se ve alterada con los cambios que experimenta su precio. Bitcoin se encuentra en esta categoría, ya que el minado de unidades monetarias disminuye progresivamente hasta que se alcance el límite de 21 millones de unidades. El aumento de la demanda de Bitcoin ocasionaría, por tanto, su revalorización necesariamente. El éxito de Bitcoin implicaría así la adopción de un sistema monetario tendente a la deflación. Entonces, la cuestión reside en dilucidar si la economía puede crecer con un sistema monetario deflacionario. La mayoría de los economistas estima que no, aunque los autores adscritos a la Escuela de Economía Austriaca afirman lo contrario.

Por otro lado, la comparación de Bitcoin con el patrón oro debe realizarse con cautela. Aunque el oro, como Bitcoin, es un recurso escaso y su producción es costosa, tiene una oferta flexible que aumenta o decrece con las fluctuaciones de precio: el patrón oro no era un sistema monetario con oferta inelástica en el largo plazo. No existe, por tanto, un registro histórico que permita alcanzar conclusiones sólidas sobre el comportamiento de una economía bajo un sistema monetario con oferta inelástica. Sin embargo, es cierto que, frente al oro, Bitcoin goza de ventajas relacionadas con el hecho de ser una moneda virtual que opera con una infraestructura descentralizada. En

particular, esto implica que las autoridades no tienen capacidad para confiscar las unidades monetarias de Bitcoin.

Respecto de las criptomonedas con oferta elástica, se ha de destacar el caso de Libra. Además de constituir una moneda estable, el proyecto presentaba una serie de ventajas frente a las divisas fiduciarias respaldadas por los Estados. En primer lugar, porque constituye un *dinero programable*, es decir, vinculado a plataformas digitales donde pueden desarrollarse aplicaciones descentralizadas. En segundo lugar, porque favorece la inclusión financiera por el hecho de facilitar recursos monetarios a usuarios que se encuentran al margen del sistema financiero.

Asimismo, una virtud menos explorada de una hipotética GSC tiene que ver con el hecho de que no dependen ni de la balanza de pagos ni del presupuesto público de una jurisdicción específica, salvo que exista una estrecha dependencia respecto de la base monetaria que emite un banco central. El acceso a este activo monetario podría favorecer el comercio internacional en aquellas regiones en las que la política nacional se ha convertido en un escollo para su desarrollo, así como proveer una reserva internacional adicional que complemente al dólar estadounidense como divisa en la que se basa el Sistema Monetario Internacional. Asimismo, una solución de dinero privado evitaría así tanto la necesidad de establecer mecanismos de cooperación política que pueden no resultar factibles en un momento dado como el desarrollo de instrumentos monetarios que pueden avivar las tensiones internacionales por motivos de carácter geopolítico, como el desarrollo de áreas de influencia mediante la promoción del uso del CBDC.

En definitiva, el desarrollo de un área monetaria internacional basada en una GSC podría eliminar los costes y los riesgos relacionados con la existencia de distintos sistemas monetarios, y sus respectivas políticas locales, y aprovechar los beneficios de la digitalización y de las DLTs.

E. Consecuencias de la irrupción de la competencia monetaria

La competencia monetaria no ha motivado un cambio en la estrategia de los bancos centrales. La rivalidad debería haber provocado la adopción de la cantidad de dinero como una variable relevante a los efectos de tomar decisiones y plantear su comunicación. En su lugar, las autoridades monetarias han reaccionado al fenómeno de la digitalización del dinero y al surgimiento de las criptomonedas con el anuncio del posible lanzamiento del CBDC.

El CBDC implica aumentar la disponibilidad del dinero del banco central en formato electrónico. No obstante, sus principales características jurídicas y económicas dependerán del diseño que el banco central acuerde implementar durante su desarrollo. Así, el banco central puede decidir plantear un CBDC similar al efectivo, sujeto a una menor intervención pública, o, en cambio, presentar un dinero basado en cuentas que admita un elevado grado de injerencia estatal, con o sin intermediación bancaria.

De hecho, entre el abanico de los posibles diseños del CBDC, se ha de destacar la opción de desarrollar un modelo de dinero digital del banco central mayorista. Los bancos centrales se limitarían a mejorar el funcionamiento de los sistemas de pago nacionales, sistemas a los que solo tendrían acceso determinadas instituciones financieras.

En cuanto a los CBDC disponibles para el público general, o dinero digital del banco central minorista, se ha de destacar que su distribución puede tener lugar a través de intermediarios o no, es decir, con o sin la participación de terceras entidades financieras. Si el banco central se decanta por la desintermediación, puede elegir emitir CBDC, bien como consecuencia de la captación de depósitos del público, bien a través de la puesta en circulación de *tokens* que se transmitan sobre una infraestructura descentralizada. En la intermediación, en cambio, tanto el banco central como las entidades de crédito colaboran en la liquidación de los saldos monetarios de CBDC; la novedad respecto al sistema monetario vigente reside en que en todo momento los agentes económicos disponen de dinero del banco central. La intermediación también puede plantearse para obligar a

que todos los depósitos bancarios se encuentren respaldados por reservas custodiadas por el banco central. Este último caso consiste, en realidad, en la clásica propuesta de *narrow bank*, que implica separar la gestión de los pagos y el mantenimiento de los depósitos bancarios de la concesión de crédito.

Las decisiones del banco central respecto del diseño del CBDC se verán determinadas por su intención de afectar al sistema monetario actual basado en la intermediación bancaria y en la reserva fraccionaria. Si el banco central pretende eliminar a las entidades de crédito, deberá asumir sus funciones y reemplazar así el dinero bancario por el CBDC. Si únicamente persigue terminar con el sistema de reserva fraccionaria, deberá imponer la obligación de que todos los depósitos bancarios se encuentren respaldados por reservas en dinero digital del banco central. Ambas posibilidades, no obstante, resultan inadecuadas desde un punto de vista económico.

Por otro lado, cabe plantear un CBDC que no afecte a la intermediación bancaria. En este caso, no obstante, el banco central deberá establecer medidas para evitar una fuga de los depósitos bancarios en favor del CBDC, en especial durante una crisis financiera. Así, se ha de valorar la disposición de medidas como la imposibilidad de redimir los depósitos bancarios en CBDC y la imposición de límites o desincentivos a la tenencia de ahorros en CBDC.

Cobra especial relevancia la medida consistente en diferenciar la remuneración de los saldos de CBDC según se utilicen como medio de pago o como reserva de valor. No obstante, cualquier medida que busque expresamente desincentivar la conversión de los depósitos amenaza directamente a la uniformidad del dinero: la redención de los depósitos bancarios a cambio de un descuento implica la existencia de un tipo de cambio entre el dinero bancario y el del banco central. Esta circunstancia impide que el CBDC permita alcanzar el objetivo de constituir un patrón que cohesione todo el sistema monetario.

El BCE se encuentra entre los bancos centrales interesados en la posible emisión de un CBDC minorista, en este caso del llamado euro digital. En principio, se plantea como una medida destinada a asegurar la uniformidad del euro ante el fenómeno de la digitalización, aunque, como se ha indicado, las medidas que previenen la desintermediación bancaria producen en realidad el efecto contrario. Más preocupante, aún si cabe, es la posibilidad de utilizar el euro digital como nuevo instrumento de política monetaria y fiscal o de represión financiera, ya que el BCE podría iniciar una espiral inflacionaria o una guerra contra los inversores y ahorradores que redundará en una mayor competencia monetaria.

En su lugar, el BCE debería afrontar las causas de los desequilibrios estructurales que impiden que la eurozona funcione como un área monetaria óptima. Uno de los indicadores en los que la asimetría entre los Estados miembros queda reflejada viene dada por el déficit de España e Italia y el correlativo superávit de Alemania en los saldos TARGET2, los cuales muestran que la liquidez de los países de la periferia se desplaza hacia los del norte de la UE. Aparentemente, los saldos TARGET2 no representan un riesgo relevante; el crédito que entraña la existencia de posiciones deudoras y acreedoras en este registro no se hace efectivo mientras el euro no sufra desertiones. No obstante, la ausencia de incentivos para su corrección implica que necesariamente el BCE debe sostener la posición de los países deudores, especialmente en situaciones de estrés financiero. En consecuencia, el BCE carece de capacidad para endurecer la política monetaria sin causar una crisis de deuda soberana que suponga el fin del euro ante la negativa de los países del norte de Europa de rescatar a los países periféricos. En este escenario, se materializaría el riesgo que entrañan los desequilibrios en los saldos TARGET2.

La propuesta del euro digital solo empeorará la debilidad de la eurozona, ya que pone en peligro la intermediación bancaria sin conseguir ninguna compensación significativa. En su lugar, el BCE debe tratar de recuperar progresivamente el equilibrio que se perdió tras la crisis económico-financiera de 2007-08 y adoptar una estrategia monetaria sólida en lugar de desarrollar nuevos instrumentos de política monetaria.

2. Conclusiones

A. La regulación de las DLTs en general

Las DLTs permiten transferir valor digitalmente con seguridad sin el recurso a intermediarios en los que se deba depositar confianza. El diferente tratamiento del acceso, la verificación de las transacciones y la posibilidad de desarrollar nativamente aplicaciones descentralizadas o no, revela el planteamiento y la finalidad de cada registro DLT.

Las DLTs no constituye una solución universal que deba adoptarse bajo cualquier circunstancia. Estas tecnologías únicamente aportarán valor bajo circunstancias específicas. La reducción de los costes de transacción en determinadas relaciones contractuales proclives a la automatización y el desarrollo de funciones que la infraestructura centralizada no puede proporcionar constituyen casos en los que el uso de estas tecnologías se encuentra justificado.

Las DLTs permiten constituir registros distribuidos que las autoridades no pueden regular al no existir una persona a la que responsabilizar del cumplimiento de la legislación. Ahora bien, lo anterior no quiere decir que los Estados deban renunciar a perseguir las conductas ilegales que se produzcan en estos entornos cibernéticos o a aplicar remedios jurídicos sustitutorios cuando la tecnología impida la reposición de la situación previa al hecho ilícito. Tampoco deben descartar los poderes públicos la posibilidad de influir en los registros DLT, o al menos de alcanzar a determinados sistemas, debido a la importancia que la seguridad jurídica puede tener para ciertas aplicaciones de estas tecnologías.

La evolución de los registros DLT no depende únicamente de la reacción de las autoridades; las propias comunidades de los sistemas distribuidos deben decidir si instauran mecanismos de gobernanza o confían exclusivamente en el protocolo de consenso como instrumento de coordinación. La gobernanza permite procurar la avenencia con las autoridades y prescindir de la prueba de trabajo como protocolo de consenso. La ausencia de mecanismos de gobernanza obliga a continuar con la prueba de trabajo por cuestiones de seguridad.

Los intermediarios que actúan en el ámbito de la criptoeconomía deben regularse. Actualmente, los Estados y organizaciones supranacionales como la UE han comenzado a regular a los proveedores de servicios de cambio de moneda virtual por moneda fiduciaria y de custodia de monederos electrónicos por actuar en el ámbito de las criptomonedas. No obstante, las autoridades deben supervisar al resto de operadores que intervienen en este ámbito. Los oráculos se encuentran en esta situación.

En el Derecho comparado, el principio de neutralidad constituye la piedra angular de la regulación de las DLTs. Sin embargo, esta circunstancia no se opone a la necesidad de reformar el marco regulador para dar un mejor encaje en el ordenamiento jurídico a determinadas aplicaciones de las DLTs. En particular, se destaca la necesidad de eliminar la intermediación como condición para amparar el interés de los titulares de criptoactivos, siempre que este interés no se oponga a los derechos de terceros protegidos por la fe pública, así como prever dispensas para los requerimientos prudenciales que únicamente encuentran justificación en una infraestructura centralizada. De la experiencia de EEUU debe valorarse muy positivamente el énfasis por la necesidad de que las autoridades faciliten la integración de los productos de la innovación tecnológica en el ordenamiento vigente. La medida de la exención de responsabilidad por los errores cometidos en la aplicación de la ley es muy interesante. Se trata de un enfoque que en cierto modo se ha seguido en Italia al tratar parcialmente el encaje de las DLTs en el Reglamento eIDAS. El estudio del Derecho comparado sobre la materia también muestra la oportunidad de desarrollar una regulación favorable para incentivar el desarrollo de proyectos DLT en suelo español. En cualquier caso, los Estados miembros de la UE deben tener en cuenta los límites que impone el Derecho de la UE a la hora de desarrollar su normativa nacional.

La necesidad de adaptación del ordenamiento jurídico a la innovación tecnológica, aunque sin infringir el principio de neutralidad tecnológica, queda de manifiesto en determinadas legislaciones sectoriales. Así, las disposiciones del Reglamento eIDAS no se encuentran preparadas para acoger el modelo de identidad soberana que habilitan las DLTs. La incorporación de las DLTs a determinados ámbitos como el Derecho societario también requiere la eliminación de los obstáculos legales que, a la luz de la innovación desarrollada, no resulten tecnológicamente neutras. La exigencia de responsabilidad en redes DLT descentralizadas siempre ha suscitado problemas para los aplicadores del derecho¹⁰⁷⁰; se requiere una solución pragmática que proteja a terceros frente a los daños que se inflijan, como la imposición de responsabilidad solidaria a los miembros de una red DLT. Las DAO no disponen de acomodo en el ordenamiento, de ahí que resulte necesario modificar la legislación para evitar resolver los conflictos mediante la técnica de la analogía. En otros casos, singularmente el del Derecho de la competencia, las DLTs afectan al modo en que las autoridades aplican la normativa.

Los problemas jurídicos que suscitan los registros distribuidos y la inteligencia artificial pueden confluir con motivo de determinadas aplicaciones de las DLTs que disponen de autonomía. En particular, este es el caso de las DAO. El legislador debe plantearse la conveniencia de reconocer personalidad jurídica a los entes cibernéticos autónomos en los casos en que no exista la posibilidad de exigir responsabilidad a otra persona, así como establecer medios para hacerla efectiva. Una vez más, no obstante, esta medida solo resultará eficaz en caso de colaboración entre programadores y autoridades.

En cuanto a la regulación de algunas de las aplicaciones concretas de las DLTs, se ha de destacar en primer lugar la necesidad de afrontar la regulación de los *smart contracts*. No se trata de la regulación sustantiva de un nuevo tipo contractual, sino de establecer una serie de garantías que protejan los intereses de los contratantes de los riesgos de esta innovación tecnológica. En cualquier caso, la regulación que el RGPD dispone para las decisiones individuales automatizadas debe constituir la base de esta regulación. La actividad administrativa también puede beneficiarse significativamente de los *smart contracts*. No obstante, el Derecho administrativo necesita incorporar las garantías propias del régimen jurídico de los *smart contracts* para asegurar un uso correcto de la innovación tecnológica por parte del sector público.

El legislador de la UE ha decidido aplicar la normativa del mercado de valores a los criptoactivos que constituyen valores negociables y establecer una regulación *ad hoc* para el resto de los activos virtuales basados en las DLTs que quedaban al margen de la supervisión de las autoridades. Los poderes públicos deben preparar una regulación de los mercados primarios y secundarios de los criptoactivos que se encuentre adaptada a las singularidades de las ICO y *Exchanges* y que, a su vez, fomente la desintermediación de estos mercados sin menoscabar la consecución de los tradicionales objetivos de la regulación financiera.

¹⁰⁷⁰ Con anterioridad a la aparición de las DLTs, los Estados se han enfrentado a dificultades para detener el flujo de información de redes descentralizadas o en régimen de *Peer-to-Peer*, como BitTorrent o eMule. Estas redes no permiten transferir valor como ocurre en el caso de los registros DLT, pero sí sirven para facilitar la transmisión de copias de un archivo para vulnerar derechos de propiedad intelectual. Ante los problemas para perseguir a los usuarios de la red que distribuyen las copias de las obras protegidas, muchos Estados han optado por responsabilizar a terceros por las infracciones que se producen en estas redes. En particular, se sanciona a los sujetos que proporcionan el *software* de la plataforma y a quienes facilitan el funcionamiento de las redes descentralizadas, por ejemplo, mediante la provisión de enlaces. En definitiva, los poderes públicos se han visto obligados históricamente a recurrir a la “responsabilidad secundaria” (*secondary liability*) o responsabilidad por hecho ajeno para perseguir la comisión de infracciones en redes descentralizadas. Vid. STROWEL, A., “Introduction: peer-to-peer file sharing and secondary liability in copyright law”, en A. STROWEL (Ed.), *File sharing and secondary liability in copyright law*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2009, pp. 1-2.

B. La respuesta del sector público a las criptomonedas

Ni el hecho de que las criptomonedas no cumplan adecuadamente con todas las funciones del dinero ni la falta de respaldo estatal constituyen impedimentos para la calificación de las monedas virtuales como sistemas monetarios; el uso social como medio generalmente aceptado de extinción de deudas les otorga la condición de dinero.

En un escenario de competencia entre el dinero fiduciario respaldado por el Estado y las criptomonedas, los gobiernos cuentan con una serie de ventajas decisivas para hacer prevalecer la primera clase de dinero sin necesidad de prohibir el segundo, como la exigencia del pago de impuestos y la posibilidad de otorgar curso legal. En consecuencia, las criptomonedas únicamente podrán sustituir al dinero fiduciario estatal en una serie de situaciones extraordinarias, como en los supuestos de apoyo estatal a las criptodivisas y en los casos de hiperinflación del dinero fiduciario estatal.

La intermediación financiera que llevan a cabo las entidades de crédito facilita la inversión y constituye uno de los presupuestos de la política monetaria. A pesar de la importancia de la creación de nuevos depósitos bancarios mediante la concesión de crédito, el valor de la cantidad de dinero como variable macroeconómica resulta controvertido; no dispone de ningún interés en los modelos *neokeynesianos* que actualmente emplean los bancos centrales, que formalmente constriñen la política monetaria a la gestión del tipo de interés interbancario, mientras que para la corriente de pensamiento monetarista resulta fundamental.

La manipulación del tipo de interés interbancario se ha demostrado insuficiente para estimular la economía cuando este ha alcanzado niveles nominales cercanos al cero, circunstancia que ha obligado a los bancos centrales a desarrollar una política monetaria “no convencional”. No obstante, el desarrollo de medidas que implican una expansión monetaria sin disponer de un modelo macroeconómico que recoja las aportaciones de la Teoría Cuantitativa del Dinero constituye un riesgo significativo, porque las autoridades monetarias no disponen de información adecuada sobre las consecuencias de sus decisiones. De esta manera, en el caso de la eurozona, la inflación padecida desde 2021 tiene como causa directa la degradación del pilar monetario en la estrategia de política monetaria del BCE.

Las criptomonedas constituyen sistemas monetarios alternativos que aspiran a sustituir al dinero fiduciario respaldado por el Estado. La expansión de las criptomonedas depende tanto de sus méritos como de los desaciertos de los bancos centrales, dado que el dinero fiduciario respaldado por el Estado goza de una serie de ventajas de partida. Las autoridades, que carecen de capacidad para regular las criptomonedas procedentes de redes DLT públicas no permissionadas, deben gestionar sólidamente la política monetaria para evitar la sustitución del dinero público por las criptodivisas. De esta manera, la disciplina del banco central constituye una consecuencia positiva de la competencia monetaria.

Por otro lado, hay que reconocer la existencia de criptomonedas que pueden plantear un uso sectorial o más específico frente a la vocación universal o de sustitución total del dinero fiduciario respaldado por el banco central. Se trata de criptomonedas vinculadas a plataformas sobre las que se desarrollan aplicaciones descentralizadas.

No obstante, los Estados han planteado confrontar la competencia monetaria mediante la regulación de determinadas monedas estables. Esto se debe a que impera entre las autoridades el convencimiento de que solo las llamadas GSC presentan un riesgo real de sustitución, ya que según la teoría realista-funcionalista las criptomonedas volátiles no pueden prosperar como dinero. Las autoridades también adoptaron esta solución porque pueden intervenir sobre los emisores de las monedas estables. Singularmente, el caso de Libra demuestra la capacidad de los poderes públicos para abortar una GSC incómoda.

Es cierto que la regulación de la Propuesta de Reglamento MiCA sirve para proteger a los inversores y la integridad de los mercados de criptoactivos. El problema radica en que la denegación de una autorización de emisión por motivos de política monetaria, así como la prohibición de características como el devengo de intereses, responde a la voluntad de conseguir una vía fácil para eliminar la competencia monetaria. De esta manera, los bancos centrales evitan recurrir a la disciplina y la mejora del sistema de pagos en el ámbito internacional para competir. Además, hay que tener en cuenta que la protección de la soberanía monetaria podría desperdiciar otros posibles beneficios de las GSC, como su uso en los mercados internacionales por parte de las empresas de países que no disponen de una divisa convertible y en *smart contracts*.

En su lugar, se ha de señalar que una política monetaria disciplinada que recupere unos tipos de interés aceptables permitiría eliminar los incentivos para sustituir los depósitos bancarios denominados en dinero fiduciario respaldado por el Estado y adquirir criptoactivos de alto riesgo. En este sentido, cabe recordar que la propuesta de Hayek de desnacionalización del dinero no tiene otro objetivo que recuperar la estabilidad de precios.

Además de la Propuesta de Reglamento MiCA, los bancos centrales han considerado responder al fenómeno de la competencia monetaria que plantean las criptomonedas y la digitalización del dinero con la emisión de CBDC. El mayor problema del dinero digital del banco central, salvo el caso del llamado CBDC mayorista, es que su eventual éxito, especialmente durante episodios de crisis financieras, tiene lugar a costa de la reducción de la intermediación bancaria. La doctrina partidaria de la sustitución de las entidades de crédito por el banco central o de la desaparición del sistema de reserva fraccionaria se muestra favorable a este CBDC minorista. No obstante, la relegación de las entidades de crédito en favor del banco central o de terceras entidades financieras resulta contraproducente. La disposición de un CBDC minorista que no afecte a la intermediación bancaria tampoco constituye una buena solución; los desincentivos económicos para adoptar el CBDC en detrimento de los depósitos bancarios pueden tener el efecto indeseado de dañar la uniformidad del dinero.

La disciplina y la independencia del BCE resultan imprescindibles para cumplir con el mandato de asegurar la estabilidad de los precios y contener la expansión de las criptomonedas, pero también para remediar los desequilibrios de la eurozona que constituyen un riesgo financiero real dada la fragilidad estructural del euro.

En conclusión, mientras que en otros ámbitos el impacto de las DLTs debe afrontarse con una adaptación del ordenamiento jurídico y la incorporación de la innovación tecnológica a la actividad administrativa, la disrupción del dinero por parte de las tecnologías de registro distribuido requiere un enfoque distinto. En definitiva, los bancos centrales deben afrontar la competencia monetaria y la digitalización de los medios de pago tratarse con una nueva estrategia de política monetaria.

C. Una reflexión final sobre el papel de las Administraciones públicas y la regulación

El uso de formas de regulación no imperativas para conseguir ciertos objetivos por parte de los poderes públicos no constituye una novedad. Así, el empleo de *nudges* tiene por objeto influir sobre las decisiones de los particulares sin cercenar su libertad de elección¹⁰⁷¹. La técnica de

¹⁰⁷¹ Los *nudges* responden a un enfoque paternalista por el hecho de que los poderes públicos intervienen en la vida de los ciudadanos sin que la libertad o seguridad de terceros se encuentre afectada, es decir, las autoridades realizan una injerencia en la esfera vital del administrado “por su propio bien”. El paternalismo supone una derogación del “principio del daño” o “principio de libertad” propuesto por J.S. MILL, según el cual el Estado solo debe limitar la libertad individual para evitar daños a terceros. No obstante, la técnica del *nudge* evita imponer una solución; simplemente aspira a modificar el contexto informativo o arquitectura decisional que influye en la toma de decisiones para guiar al ciudadano en la dirección correcta.

intervención mediante *nudges* surge en el contexto de sociedades en las que el grado de injerencia pública admitido es muy inferior al de los países de Europa continental¹⁰⁷², lo cual no impide que este enfoque se extienda a Estados con menos filtros en materia de limitación de las libertades individuales. Asimismo, el derecho necesita instrumentos flexibles para dirigir la aplicación del derecho objetivo¹⁰⁷³. El legislador también puede dotar de efectos jurídicos a la autorregulación del sector privado, aunque sin sustituir a la potestad normativa de los poderes públicos¹⁰⁷⁴.

En definitiva, la acción administrativa puede desarrollar medidas no consistentes en la publicación y ejecución de regulación imperativa para tratar una nueva realidad. En lo que respecta a las DLTs, ciertamente los Estados deben, además de adaptar el ordenamiento jurídico para brindar una seguridad jurídica que permita aprovechar el potencial de las aplicaciones de las DLTs, instaurar una serie de disposiciones de carácter vinculante que establezcan garantías respecto del uso que de estas tecnologías haga el sector privado y el público. Así, cabe traer a colación la necesidad de que el régimen jurídico de los *smart contracts* incluya la regulación de las decisiones individuales automatizadas que prevé el RGPD.

No obstante, en el caso de las criptomonedas, la actuación de los poderes públicos no debe consistir en la promulgación de una normativa imperativa que tenga como fin limitar la competencia monetaria. Las criptomonedas privadas requieren una respuesta de política monetaria, si bien es cierto que esta no debe estribar en la emisión de un CBDC minorista; la mejora de la estrategia de política monetaria que implementa el banco central sí constituye la reacción adecuada de la Administración pública a las criptomonedas, en este caso de la “Administración monetaria”.

Como el conocimiento de las autoridades también es limitado y las preferencias de los ciudadanos son muy variadas, la forma de intervención es la menos limitativa posible; únicamente conlleva un condicionamiento en forma de revelación de información, advertencias y normas dispositivas para limitar los “fallos de mercado conductuales”. Por este motivo, los *nudges* responden a un planteamiento de “paternalismo libertario”. Vid. SUNSTEIN, C.R., *Why Nudge*, Yale University Press, New Haven, 2014, pp. 3-17.

¹⁰⁷² Además de la anterior observación, la doctrina añade la necesidad de “juridificar” el uso de *nudges* por parte de la autoridad administrativa. Y es que la utilización del *nudge*, a pesar de no implicar coerción, no es neutral y puede lesionar derechos de particulares. Vid. VELASCO CABALLERO, F., “«Nudges» y Derecho administrativo”, 2018, disponible en <https://franciscovelascocaballero.blog.wordpress.com/2018/05/28/nudges-y-derecho-administrativo/> (última consulta, el 16.07.2022).

¹⁰⁷³ Me refiero aquí a los instrumentos de derecho blando o *soft law*. Estos textos jurídicos no tienen fuerza vinculante en el sentido de que no permiten anular actos administrativos con motivo de su incumplimiento. No obstante, sí disponen de diversos efectos legales de orden interpretativo, que incluso pueden llegar a dar lugar bajo determinadas condiciones a la anulación de actos administrativos, a la exigencia de responsabilidad patrimonial de la Administración Pública por infracción del principio de protección de las expectativas legítimas y de responsabilidad disciplinaria de los empleados públicos por inaplicar las instrucciones y órdenes de los superiores. No obstante, se ha de apuntar que para los órganos jurisdiccionales españoles estos efectos son diferentes según se trate de *soft law* de la UE o nacional. Las instrucciones y las órdenes de servicio que regula el art. 6 de la LRJSP constituyen un ejemplo de instrumentos de derecho blando o *soft law*. Vid. ARROYO JIMÉNEZ, L.A. RODRÍGUEZ DE SANTIAGO, J.M., “European and domestic soft law within Spanish administrative soft law”, *Preprints series of the Center for European Studies Luis Ortega Álvarez and the Jean Monnet Chair of European Administrative Law in Global Perspective*, N 2/20, (2020), pp. 4-11.

¹⁰⁷⁴ LAGUNA DE PAZ señala que la autorregulación depende del Estado para disponer de eficacia jurídica. La afirmación implica aceptar la posibilidad de que el Estado prescriba como propias normas procedentes del sector privado, que con frecuencia se elaboran por parte de organismos internacionales especializados en una materia técnica. Vid. LAGUNA DE PAZ, J.C., “Regulación, externalización de actividades administrativas y autorregulación”, *Revista de Administración Pública*, N 185, (2011), p. 110.

ANEXO. CHAPTER VII. ABSTRACT, RESULTS AND CONCLUSIONS

1. Abstract and Results

A. DLTs as a technological disruption

a. Technological innovations

DLTs enable the formation of decentralised databases, i.e., without intermediaries to control them, through cryptography, time stamping and consensus protocols. Among the implementations of DLTs, *Blockchain* stands out because it is the technological solution adopted by the most representative projects of the so-called decentralised finances.

DLTs allow for a wide variety of use cases and configurations. In particular, a DLT network could be employed in a single function, as is the case with Bitcoin regarding payments in a new currency, or to serve as a platform to develop decentralised applications, as is the case with Ethereum. Moreover, the original version of the DLT project could undergo significant improvements in several ways, including code updates or the development of side chains and second-layer protocols (*off-chain registries*).

Another important classification with which to understand DLT projects makes the distinction between public and private DLT networks on the one hand and non-permissioned and permissioned networks on the other. The first case refers to the freedom or restriction around platform access. The second case alludes to the act of checking users' identities. Non-permissioned public DLT networks present excellent prospects because the lack of access and identity filters allows the formation of systems outside state control. However, private and permissioned networks deliberately reduce their scope.

Bitcoin's fundamental goal is to create a decentralised payment system which eliminates the double spending problem, i.e., the possibility that a user may spend a monetary unit twice or more times. Bitcoin achieves this goal through a set of technologies, like asymmetric key cryptography or transactional time stamping. Nevertheless, to avoid the security of a system commitment, Bitcoin has a consensus protocol which establishes an incentive scheme that impedes the reversal of transactions, provided that the attacker does not have 51% of the network's computational capability. Proof of work consensus protocol implies that attackers can seldom develop an alternate Blockchain longer than the honest one because of the difficulty of mining blocks. Under normal conditions, honest nodes compete to obtain an economic incentive in the form of new Bitcoins.

On the other hand, Ethereum seeks to become the "Internet of Value" platform, i.e., an environment from which different asset types can be transferred digitally and in a decentralised way. The network's primary instrument is the *smart contract*. Programmers have, therefore, the ability to deploy software that will provoke the automatic executions of consequences at the moment the system receives the occurrence of certain conditions. In addition, Ethereum has several technical elements which make it different from Bitcoin. For instance, Ethereum's consensus protocols update an account-based registry global state.

In contrast, Bitcoin uses a system in which each account has a UTXO or registry of unspent outputs, which tracks if a user has enough Bitcoins to make a transaction. The economic approach also differs with regard to several aspects. For example, the value of the native cryptocurrency, Ether, can rely on the fact that users need to use it in some *smart contracts*; there is no upper limit to issue monetary units, and Ethereum plans to make a transition from the proof of work consensus

protocol to the proof of stake solution to reduce the energy waste that the system produces to update the registry.

On the contrary, private DLT networks enjoy greater flexibility. This feature satisfies the needs of private organisations that must limit information access. Hyperledger, as a private DLT network case, has *smart contracts* that provide consortium members with several utilities. Moreover, the distributed ledger update does not require a scheme of incentives as in the public DLT networks. Instead, communicated transactions must comply with the so-called backing policy.

Scalability and efficiency problems in public DLT networks such as Bitcoin and Ethereum brought about the development of other projects which do not use Blockchain to implement distributed ledger technologies. DAG and DHT are technology alternatives to Blockchain. However, they have received limited success so far.

b. Benefits, limits and risks

DLTs display some features, such as cryptography security and automated execution, that enable economic agents, allegedly, to dispense with certain intermediaries in charge of the treatment of transaction costs. However, substituting human criteria with the use of technology may involve new transaction costs due to the lack of flexibility of automated systems when faced with unforeseen events or bugs. Therefore, analysing which solution produces fewer costs in each case is compulsory. In general, DLTs are efficient in non-complex transactions and contractual relationships. Moreover, we must bear in mind that the intermediaries' value is not limited to the treatment of transaction costs, as happens with the banking industry, and that decentralised solutions are not always appropriate. In this regard, resorting to DLT solutions will only be justified when several subjects, which do not trust each other, agree to validate the information in a database and need to guarantee the registry's security with no intermediaries.

On the other hand, the benefits of distributed ledger technologies go beyond the reduction of transaction costs due to disintermediation. Among these benefits, DLTs assign the property of digital copies to acquirers and provide the so-called "proof of existence" regarding data integrity and the date a subject submits it to the DLT registry, which is a valuable utility in the realms of intellectual property.

However, DLT users must consider the different risks and benefits, mainly because decentralised networks may cause conflicts which the legal system cannot deal with. The fundamental problem of compatibility between permissionless public DLT networks and legal systems lies in the impossibility of finding a subject in charge of the network. Regarding the technological limits of DLTs, we must point out the following: the inverse relationship between decentralisation and security on the one hand, and on the other, scalability or efficiency in transaction processing; interoperability or capacity to export and import information with external systems, and networks sustainability in environmental and governmental —before unforeseen events— terms.

Smart contracts and consensus protocols lead to DLT registry security problems. Smart contract bugs produce vulnerabilities that attackers can exploit. Illicit access causes acute damage because of the difficulty of modifying consolidated states in the distributed registry. The Law is Code philosophy means that any case transaction record immutability must be respected and impedes the adoption of governance structures. Moreover, the automated execution security of smart contracts relies on trustworthy information, so proper oracle behaviour is needed. Furthermore, the tendency to lower consensus protocols security, either to improve DLT network efficiency or due to a wrong alignment of economic incentives consisting of miners obtaining benefits at the expense of system vulnerabilities, is also worrisome.

Initially, because the crypto economy lay outside regulatory perimeters, criminals were able to use cryptocurrencies to make illegal transactions which entailed money laundering, financing of terrorism and tax evasion. However, lawmakers reacted by imposing customer due diligence duties on intermediaries in transactions that involve cryptocurrencies. Providers of exchange services and custodian wallet providers are the new obliged subjects. Nevertheless, legal reforms do not allow authorities to oversee transactions without regulated intermediaries; public powers must track these transactions on the DLT registry record. Notwithstanding, some programmers designed specific DLT networks to conceal illicit transactions from public surveillance.

Public authorities also tried to tackle risks that endangered the so-called monetary sovereign by regulatory means through the Proposal for a Regulation on MiCA. However, its scope is limited to crypto assets issued by a person that public administrations can track. On the other hand, the fact that DLT products do not fit in existing legal categories will cause problems when applying the legal framework and tax and accountancy norms to legitimate transactions with crypto assets. In this regard, reform is needed in the legal systems.

Finally, smart contracts in consumer relationships can involve a risk of downgrading consumers' and users' rights because of their incompatibility with some characteristics of DLT. In particular, the right to withdrawal opposes transaction record immutability. Therefore, smart contract legality depends on programmers introducing functions that make smart contracts and rules in force compatible. Accordingly, lawmakers should provide legal certainty to smart contract innovations in the legal system, such as the development of decentralised digital securities with this technology.

c. Meaningful questions on DLT projects

The decentralised nature of DLTs means that the appropriate power to regulate distributed registries should be international. However, the lack of coordination by public authorities makes it necessary to focus efforts on technological standardisation. States can also promote unilateral regulations, but their efficiency is limited.

DLT network governance refers to providing coordination mechanisms that allow DLT communities to manage distributed registries. The aim is to achieve flexibility and legal certainty. There are several models of governance. Both centralised and decentralised schemes are possible. Governance structures in DLT networks are particularly important when their communities seek cooperation with the authorities; conversely, consensus protocol will suffice to join DLT communities against state action.

Concerning the choice of the consensus protocol, i.e., the mechanism selecting the node with the right to edit the distributed registry, the main alternative to proof of work, proof of stake, contains some vulnerabilities that programmers need to avoid by forecasting governance mechanisms in the network design. This situation implies that proof of stake, although more efficient in energy waste terms, is only suitable for DLT registries which have at their disposal governance mechanisms. DLT networks that do not seek additional coordination should continue with proof of work.

Finally, in the DLT environment, intermediaries have endured. Intermediaries are economic agents who help with crypto assets and digital wallet management. Exchange services providers and custodian wallet providers carry out these functions. Crypto assets services can get decentralised in the future, and users can assume responsibility for key custody and conduct transactions by other means. However, the current importance of these economic players could pose a significant risk for their customers because they can lose trusted funds due to cyber-attacks. New actors must also comply with other legal prescriptions. For these reasons, authorities have regulated them. Nevertheless, regulations have not reached oracles because they do not work in

the cryptocurrency market. However, lawmakers should establish guarantees regarding their behaviour if authorities plan to bring legal certainty to the crypto economy.

d. Legal implications of DLTs

i. DLTs and comparative law

Under the technology neutrality principle, Switzerland has analysed the suitability of its legal system to receive DLT projects. FINMA has developed a functional classification of crypto assets which distinguishes between assets, utility and payment tokens. Nevertheless, the former taxonomy should not be confused with the legal qualification of crypto assets as transferable securities or financial instruments, which determines the application of the financial instrument regulations.

The Swiss review highlights the necessity to update various regulations. Among the priorities, regulations should acknowledge the legal effects of crypto assets regardless of their inscription in registries managed by specific intermediaries. Correspondingly, Spain should create a new legal regime that protects crypto asset owners against third parties' claims. The crypto assets surge has an overall effect on the legal system. Comparative law and EU regulation proposals present the opportunity to include prudential regulation exemptions and new legal regimes, like *sui generis* banking authorisation.

France has also tackled the adaptation of its legal system. Lawmakers adopted several significant measures: the equalisation of the legal effects of securities, either represented in registries managed by intermediaries or supported by a Blockchain; the modification of tax norms that concern crypto assets; the removal of obstacles that impair the operative with crypto assets, and the establishment of regulatory incentives to foster the voluntary compliance of specific standards. In any case, the measures cannot impair the primacy of EU law. Therefore, the supranational organisation must lead legal reform.

In the United States, lawmakers have published several acts that ease the application by economic agents of the rules in force to crypto economy institutions. The goal is to ensure legal certainty. The chosen instruments are exemptions regarding the application of selected regulations, provided, on the one hand, specific requirements are met and, on the other hand, in case there is a breach of the law because of the difficulty involved in applying norms in force to crypto assets. Moreover, administrative agencies can publish interpretative criteria to ease crypto asset operations.

In the United Kingdom, the Financial Conduct Authority has pointed out that the technology neutrality principle is contrary to the regulation on DLTs; it does not impede the adaptation of the legal systems to catch the nuances of the applications of DLTs.

Italy has endeavoured to clarify the capabilities of DLTs applications as trust services according to the eIDAS Regulation and smart contracts' legal effects. However, again, EU law limits member states' powers to regulate DLTs. Consequently, EU institutions must tackle the use of DLTs as a trust service. Furthermore, authorities should not meddle with smart contract forms if they comply with the regulatory framework.

ii. DLTs in Spanish law

Spanish lawmakers must deal with the friction arising between DLTs and Spanish law. First, the eIDAS Regulation does not consider self-sovereign identity models that DLTs allow to develop. Its absence in the regulatory framework impedes the acknowledgement of certain legal effects for electronic identification and signature systems if they do not depend on qualified electronic certificates supplied by trust service providers. However, equalisation must not be

straightforward; lawmakers, through the eIDAS Regulation, must determine the requirements self-sovereign instruments have to comply with to achieve total efficiency. Furthermore, the new self-sovereign identity scheme involves a new concept of electronic identification and new actor engagements. The new paradigm involves factors requiring lawmakers' intervention in applying some legal institutions, like responsibility. On the other hand, authorities must consider that several electronic signatures in distributed environments do not intend to identify users but constitute an element devoted to ensuring transaction security.

Regarding the legal qualification of the DLT network cooperation relationship, social statutes, if they exist, play a fundamental role. Statutory agreement prevails over external legal qualification. The absence of statutes makes ongoing cooperation an atypical contractual relationship. Concerning tort claims, although this conclusion does not avoid the existence of practical issues, a mixed model is preferable. It would be an asymmetric legal regime which compels DLT network members to file a claim against the author for the damage he or she caused. In contrast, persons alien to the DLT network would benefit from a secondary liability regime that allows them to claim compensation from any DLT network member, regardless of whether or not they caused the harm.

DLT registries as platforms to develop decentralised applications might experience anti-competitive actions. Abuses of the dominant position, on the one hand, and illicit agreements, decisions by associations of the undertaking and concerted practices, on the other hand, are possible. Abuses of the dominant position may come from an economic agent controlling the platform or the decentralised environment itself. Therefore, miners and intermediaries can commit this infringement of competency law. However, when the breach occurs mainly in a public DLT network, repression of this conduct becomes very complex due to the authorities' incapacity to change DLT registries without controlling them.

Furthermore, illicit agreements can appear in a DLT database, affecting internal and external elements of distributed registries. Technology innovation may modify the methodology of competency authorities to prosecute law infringements. In addition, although public law guarantees restrict the scope of administrative law penalties, the disruptive characteristics of DLTs may justify an extension of punishable actions. There is also uncertainty regarding any future decision which imposes pro-competitive regulation on DLT registries.

Personal data protection compliance by permissionless public DLT networks is not currently possible; so far, no one can be obliged to apply the RGPD regulation to these subject and non-exempt DLT registries. The current situation will only change if programmers condition the design of the distributed registries to comply with regulations. This event depends on a cooperative relationship between programmers and authorities. Private and permissioned DLT networks enjoy greater flexibility to achieve this goal. Nevertheless, the RGPD Regulation is crucial; automated individual decision-making norms must guide future smart contract regulations.

DLTs allow the deployment of decentralised and even autonomous organisations. The first organisation has a decentralised government, whereas the second has an entirely automated administration. Shareholders' general meetings would also disappear because of the technology disruption. However, intense technology use in these organisations entails new risks which demand treatment through governance schemes. Regarding its legal qualification, these organisations do not fit in any legal category in force; only by analogy can judges apply rules to solve legal conflicts.

Companies governed by laws in force can also take advantage of DLT capabilities to improve their proceeds. Among other uses, the constitution of companies, stock representation and implementation of smart contracts to automate a number of utilities and achieve disintermediation

that eases partners' participation in the company. First, however, lawmakers must overhaul company law to suppress norms incompatible with technology innovation.

B. The regulation of DLTs' main applications

Several DLT applications require special treatment by the legal system.

Lawmakers should pay attention to smart contracts with legal effects or *smart legal contracts*. They do not constitute a new contract; it is just a way to automate the execution of contract terms in whole or in part. However, contract automation also entails risks. In general, smart contracts are only suitable for simple contractual relationships. Legal uncertainty in public permissionless DLT networks is the source of many risks. It is challenging to claim against counterparts and oracles. Nevertheless, it is crucial to highlight that using smart contracts does not imply giving up the right to apply for court intervention.

Lawmakers must enact specific regulations for *smart contracts*, but contract clauses and dispositive norms will still be the principal legal regime for contractual relationships employing smart contracts. In addition, the smart contract regulation must ensure impartiality, trustworthy information from oracles, and a balance between creditors' and debtors' rights regarding automated executions. However, the possibility of reversing the effects of smart contract automated executions in public DLT networks by resorting to courts of justice relies entirely on a previous conditioning programming of the concerned public DLT network. On the other hand, consumer regulations must protect consumers and users from *smart contract* risks with measures such as the preference for information supplied in natural language over its code implementation. Finally, this legal regime must adopt the RGPD Regulation on automated individual decision-making.

The lawmakers' choice to acknowledge the legal personality of some DLT applications represents a more significant disruption. The *lege ferenda* proposal has a practical goal: to assign responsibility to cybernetic entities when no legal or natural person is liable. The measure will be particularly relevant in the case of DAO. Nevertheless, this legal reform will be effective if programmers have previously conditioned smart contracts deploying the DAO.

Tokens or crypto assets are digital assets represented in a DLT registry. Crypto assets do not have a specific legal regime because the concept encompasses many different instruments: cryptocurrencies, transferable securities, and coupons for some utilities. However, whereas cryptocurrencies are neatly on the side-lines of securities regulation, the application of the law to the rest of the tokens is still complex. In particular, the difficulty in distinguishing securities from non-securities tokens impairs the surveillance and enforcement of the law. Moreover, several regulatory options exist to fit tokens into the legal system. In this regard, the European Commission has chosen to keep so-called *security tokens* on the Directive MiFID II and national transposition law. In contrast, the Proposal for a Regulation on MiCA establishes an *ad hoc* regulation for other crypto assets which are not securities.

DLTs have allowed for the possibility of launching primary and secondary crypto asset markets, so-called initial coin offerings (ICO hereinafter) and exchanges, respectively. Thanks to ICOs, many projects can raise funds through a new type of asset, which does not have to be a debt or stock, as tokens may only offer an expectancy of revaluation. Securities regulations must offer guarantees to tackle risks from crypto asset markets to investors. On the one hand, the Proposal for a Regulation on MiCA rules subjected exchanges as crypto asset service providers. On the other hand, the market infrastructures of security tokens can benefit from several exemptions if they accomplish several requirements, according to the Proposal for a Regulation on a pilot regime for market infrastructures based on distributed ledger technologies. Regardless of the crypto assets enlisted, the regulation must provide a balance between the DLTs' decentralisation possibilities and the guarantees for the integrity of crypto asset markets.

Beyond securities regulation, Spanish civil law considers crypto assets as possible objects of rights in rem. In addition, tokens may represent a right in rem alien to the DLT registry, even real estate. In this case, however, the token purchaser's position is feeble against third parties if there is no legal acknowledgement. Therefore, for some crypto assets legal certainty is just indispensable.

Public administrations can take advantage of contractual (smart contracts) and DLT registry applications to enhance their internal and external procedures and the provision of public services. In particular, smart contracts can significantly improve competitive concurrence procedures. However, with regards to the suitability of administrative law to receive this technology innovation, the regulation of automated administrative action does not provide enough guarantees to affect citizens' rights with *smart contracts*. Therefore, lawmakers should complement this short regulation with a new administrative procedure devoted to approving smart contracts in legal relationships between the administration and citizens. In addition, they must also acknowledge a right to know how the automated systems work and the rights recognised in article 22.3 RGPD regulating automated individual decision-making. Moreover, lawmakers must complete automated administrative action regulations clarifying what kind of administrative action can be automated, specifically if the automated system can produce discretionary administrative acts and the scope of the affected citizen's right to explanation. On the latter, lawmakers must clarify whether the concerned legal or natural person can get access to the smart contract code.

C. Money and monetary policy

Analyses of crypto assets analyses require a previous understanding of money and monetary policy. Experts must delve into the fundamentals of money because the qualification of cryptocurrencies as money is still controversial. Controversy arises because a functionalist theory of money dominates the economic literature. According to this view, money must simultaneously comply with unity of account, medium of exchange and store of value functions. In addition, some authors back the chartalist theory, which claims that only states can decide what money their territory uses. Therefore, volatility or lack of state support would be reasons to deny the "moneyness" of cryptocurrencies.

However, money is a social institution created to ease economic exchange and the realisation of the subjective preferences of economic agents. Furthermore, money can arise spontaneously from the market to overcome the economic problems of barter or due to the support of the states.

State action decisively determines the main currency in circulation in an economy. The importance is due, among other factors, to a state's capacity to demand tax payment in a specific currency or to grant it legal tender. In this manner, against any upcoming monetary competition, state-backed currency enjoys decisive competitive advantages. However, the powers of authorities over money are also limited because, in the end, money use and acceptance depend on social consensus. Therefore, a hyperinflation event may lead to the substitution of state money for a third currency.

Likewise, money can consist of a commodity, a sign or credit to settle monetary debt, yet money and credit are different realities. Nowadays, most of the circulating money comes from bank credit; loan granting implies money creation, although money excesses produce economic cycles and financial crises. On the other hand, central bank money, currently limited to cash and financial institutions' deposits in central bank accounts, constitutes a state debt in legal terms. Nonetheless, unlike commercial banks, central banks do not have to deliver any assets when people redeem their money. Moreover, the lack of convertibility of central bank money, i.e., its fiduciary character, determines that, in real terms, it is not a state debt but a *sui generis* instrument which is the basis of modern monetary systems after the demise of the Bretton Woods system.

Money constitutes a fundamental factor in the development of economic processes. Thus, monetary policy is an essential state tool with which to intervene in the economy. However, there are different views on monetary policy.

According to the Keynesian perspective, central bank actions must stimulate investment by reducing finance costs, i.e., cutting the interest rate. The goal is to get an aggregated demand corresponding to a full employment level. Rises in the interest rate will reduce investment and prevent an excess of demand from creating an inflation surge. The quantity of money is not relevant in (neo)Keynesian models. Therefore, if it is not feasible to stimulate investment when economic growth is sluggish by reducing nominal interest rates, central banks will resort to fiscal stimulus or so-called nonstandard monetary policy measures.

On the other hand, the monetarist stance states, firstly, that the quantity of money must be the leading interest for monetary policy, and secondly, asserts the validity of the Quantitative Theory of Money as an intellectual framework to relate quantity and money velocity to the general level of prices and the number of goods and services. In this regard, if no other variables change, economists can predict inflation by tracking the quantity of money. Additionally, to avoid forecast errors, economists must use a broad definition of money, capturing all liquid assets used as money and monitoring the value of other variables of the Fisher equation, which is the principal Quantitative Theory of Money formula. With these caveats, the Quantitative Theory of Money is an indispensable reference for monetary policy, although it cannot explain all economic phenomena.

Central banks carry out monetary policy based on their monopoly on the monetary base issuance. The monetary base is a fundamental asset for commercial banks, as interbank debt settlement and deposit redemption in cash rely on the availability of bank reserves. Furthermore, commercial banks create bank money from the monetary base in a fractional reserve banking system. Therefore, central banks take advantage of their monopoly to exert a decisive influence on the interbank market. In conclusion, central banks aim to change the interest rates on reserves to affect the real economy.

Before the Great Recession and the Global Financial Crisis of 2007-08, the European Central Bank's monetary policy focused on setting the interbank interest rate through open market operations adding or removing liquidity from the banking system. Nevertheless, the financial crisis motivated central banks to use new tools, such as paying interest on voluntary reserves, i.e., central banks changed the execution of monetary policy. In particular, so-called nonstandard monetary policies stimulate aggregated demand and inflation in the context of slow economic growth where nominal interest rates are at zero or near zero. However, the need for central banks to implement these nonstandard monetary policy measures is not a sign of monetary policy exhaustion but proof that central banks should not confine themselves to set interbank interest rates.

In recent years, central banks have carried out Quantitative Easing or QE as a nonstandard monetary policy measure to affect the quantity of money. Even so, central banks have defined a monetary policy strategy known as *inflation targeting*, which aims to achieve price stability in the medium and long term by setting interest rates and influencing inflation expectations. Therefore, central banks refuse to use monetary rules which, applying the Quantitative Theory of Money, assign a meaningful value to the quantity of money to achieve price stability. The ECB committed this error as it downgraded the so-called monetary pillar in its overhaul in 2003. Therefore, central banks must accomplish their price stability mandate by tightening the monetary policy stance and developing a new strategy that considers money as a meaningful macroeconomic variable.

D. The end of the monopoly of *fiat* money in the monetary realm

a. Monetary competition

Cryptocurrencies are an economic disruption as they introduce competition in a money market where *fiat* money backed by the state was the only money supply. Furthermore, the characteristics of DLTs impede states from suppressing that competition by regulation; governments should provide the right economic incentives to prevent the substitution of their money, which would entail the reduction of their seigniorage income and weakening of the central bank's monetary policy transmission.

The qualification of cryptocurrencies as money is not the only controversial question. The literature also discusses the determination of their intrinsic value. No cryptocurrency assessment as a productive asset can take place; their monetary nature implies that their acceptance as monetary debt payment by third parties gives them value.

“Original” monetary units, which the consensus protocol of DLT registry issues according to rules, can be the object of a right in rem. For that reason, cryptocurrencies are a commodity money case. They are digital goods employed as money, although virtual currencies lack any other use. However, there is no legal obstacle to the emergence of commercial banks developing a fractional reserve system where the bank deposits cryptocurrency units, but only partially backed. Nevertheless, the lack of a central authority implies that there will not be a lender of last resort that can provide liquidity in a financial crisis or an asset purchaser to create money to contain a deflationary crisis. Furthermore, there is the possibility that more states will adopt cryptocurrency as legal tender money or accept tax payments in these new currencies.

In any case, the use of cryptocurrencies as money, although limited, proves the possibility of establishing a monetary system without central banks. According to authors of the Austrian School of Economics, it would be a desirable alternative because easy monetary policy creates economic cycles. However, the argument surrounding the benefits of suppressing the fractional reserve system is even more controversial, so reserves must completely cover bank deposits, and credit must proceed from previous savings.

Beyond the debate on the benefits of the demise of the central bank and the fractional reserve system, cryptocurrencies introduce currency competition that disciplines public power actions, as the existence of currency alternatives eases monetary substitution before financial repression and easy monetary policies, which provoke a rise in inflation.

b. Different types of cryptocurrencies and their regulation according to the MiCA proposal

A distinction between “universal” and “sectorial” cryptocurrencies is appropriate. The difference is that the value of cryptocurrencies relies exclusively on their utility as a medium of exchange for any economic transaction or adds the utility of linked digital platform services. As a result, Bitcoin and Ethereum enjoy competitive advantages because they are pioneer universal and sectorial cryptocurrencies novelties, respectively.

In addition to first- and second-generation cryptocurrencies, there are stablecoins. These cryptocurrencies are different because they add a stabilisation mechanism, reducing their price volatility in terms of a value reference. In this kind of virtual currency, unlike the previous ones, the existence of a monetary authority with accountability before cryptocurrency holders is frequent. In particular, this circumstance allows authorities to regulate stablecoins, as the EU Proposal for a Regulation on MiCA proves. However, accountable persons and the possibility of regulating cryptocurrencies usually happens when the virtual currency uses asset reserves as a stabilisation mechanism.

The functional classification of stablecoins distinguishes them according to their stabilisation mechanism. Firstly, there is the tokenised fund, where the issuer offers and redeems stablecoin monetary unit funds in other currencies. Secondly, there are collateralised stablecoins, where a reserve of assets limits the fluctuation of the stablecoin unit. Finally, there is the algorithmic stablecoin, which uses an automated system to manage the money supply and match demand to achieve a stable value. A rule of thumb is that the more sophisticated the stabilisation mechanism, the worse are the results reducing volatility.

On the other hand, Libra showed that great business conglomerates could act as a cryptocurrency's central bank. Libra followed a sectorial stablecoin approach with some degree of centralisation. Nevertheless, its great strength was in extending its acceptance among the base of sponsors clients. However, the authorities interpreted this project as a real risk of *fiat* money backed by state substitution. Therefore, public powers have prevented this project from succeeding without checking its potential benefits.

The Proposal for a Regulation on MiCA regulates cryptocurrencies which do not qualify as securities and some stablecoins. Both are tokens provided by identifiable persons. On the contrary, regulators have the possibility of regulating crypto assets linked to the consensus protocol of public DLT networks.

Accordingly, cryptocurrencies issued due to the consensus protocol of public DLT networks, also known as native tokens, lack a defined legal regime. This situation leads to several legal decisions denying the monetary nature of cryptocurrencies because of the influence of functionalist and chartalist theories. Nonetheless, the legal and economic treatment of cryptocurrencies will depend in each case on the parties' will.

On the other hand, the Proposal for a Regulation on MiCA only regulates cryptocurrencies which fit the legal definitions of asset-referenced tokens and electronic money tokens. However, public powers could regulate other virtual currencies because they are non-native tokens or circulate in private DLT networks that are outside of the Proposal for a Regulation on MiCA. Authorities could only regulate them in the residual category of "crypto asset, other than asset-referenced tokens or e-money tokens", foreseen for utility tokens. Legal clarification is compulsory.

Regulation of crypto assets, other than asset-referenced tokens or e-money issuance in the Proposal for a Regulation on MiCA, uses techniques from market securities regulation, such as the obligation to publish a White Paper in a neat reference to prospectus regulation on securities issue and selling. Nevertheless, if MiCA's crypto assets are not securities, they must bear a lighter and adapted regulatory burden. Moreover, the issuance and selling of asset-referenced tokens, such as stablecoins which stabilise their value through an asset reserve, require an administrative authorisation from the home member state. Regarding this authorisation, the Proposal for a Regulation on MiCA foresees reasons for denial based on monetary policy considerations.

Regarding electronic money tokens, lawmakers have restricted the provision of these stablecoins to issuers authorised as commercial banks or electronic money institutions. According to the Proposal for a Regulation on MiCA, issuers shall offer and redeem electronic money token units for a par value of the represented *fiat* currency. The exchange of tokens for the referred *fiat* currencies value is a binding right for electronic money tokens, but not in the case of asset-referenced tokens. The ECB has highlighted the need to "unify" the legal regime of stablecoins in the Proposal for a Regulation on MiCA. Therefore, the ECB aims to be able to impede electronic money token issuance based on reasons of monetary policy, likewise asset-referenced tokens.

For asset-referenced and electronic money tokens, the Proposal for a Regulation on MiCA has prohibited token holders from earning interest because the prospective act aims to limit token use as a store of value. Furthermore, MiCA foresees a more burdensome regulation for significant

tokens, i.e., stablecoins, which have reached systemic importance, to limit the additional risks these cryptocurrencies pose to the Eurozone's monetary sovereignty.

The Proposal for a Regulation on MiCA also tackles other important questions regarding these new markets, such as crypto asset service providers or market integrity surveillance. Nevertheless, it omits other relevant topics. This circumstance proves that the Proposal for a Regulation on MiCA needs further development with regard to second-level norms.

In conclusion, several norms in the Proposal for a Regulation on MiCA, such as the possibility to refuse to grant an authorisation on the grounds of monetary policy considerations, the prohibition of earning interest or the special regime for significant tokens, prove that one of the principal goals of the Proposal for a Regulation on MiCA, aside from traditional securities regulation objectives like investor protection, consists in avoiding currency competition from stablecoins by regulation. However, in reality, the approach that only some stablecoins may entail a risk for monetary sovereignty and financial stability seems to neglect the fact that states and investors prefer Bitcoin, a volatile cryptocurrency, as a monetary alternative.

c. Pros and cons of monetary competition

In contrast to HAYEK's thesis that monetary competition secures price stability is the claim by other authors that monetary competition hinders the coordination of economic agents because they must get used to operating with several units of accounts instead of having a common economic language. Moreover, HAYEK's critics observe that private issuers have incentives to abuse their seigniorage power and the possibility that bad money drives out good money due to market failures. On the other hand, stablecoins may not achieve stable value, either because their inelastic supply makes the prices change with demand movements or due to the shortcomings of the stabilisation mechanism.

Furthermore, in general, cryptocurrencies and crypto assets may cause risks to financial stability. Their volatility may translate into significant capital losses with a negative impact on the whole of the financial system because of the joint action of several factors, such as the financial sector's presence in the crypto asset markets or the contagion of distrust among commercial banks. To a lesser extent, crypto assets can be an investment alternative which decapitalises the financial sector. Moreover, the intermediaries' lack of regulation is incompatible with the market integrity of crypto assets.

Regarding the impact of cryptocurrencies on monetary policy, banking disintermediation is the principal reason monetary competition impairs monetary policy transmission. It brings about the substitution of *fiat* public money deposits for third currencies. If disintermediation were to occur, central banks would lose the principal channel which transmits their monetary policy: the influence of commercial banks' finance costs through a greater or lesser monetary base supply or the interest payment on voluntary reserves. Partial disintermediation could also affect the behaviour of commercial banks, reducing their funding sources. However, central banks could compensate for the loss of depositors with a correlative liquidity injection.

On the other hand, the greater the dependence of cryptocurrencies on central bank money, the greater the central bank's influence on the economy. Therefore, currency competition leads to commercial bank disintermediation, impairing monetary policy transmission. Thus, central banks try to restrict monetary competition by regulatory means.

However, the monetary competition of cryptocurrencies also has benefits. The principal one, though it limits monetary sovereignty, is disciplining central banks, which find themselves compelled not to produce inflation. Any cryptocurrency has this benefit; it does not matter if the money supply is elastic or inelastic. In any case, it is necessary to review their uses and the general working of the economy under inelastic and elastic cryptocurrencies.

Concerning inelastic cryptocurrencies, volatility does not alter the issuance of monetary units. Bitcoin belongs to this category, as the creation of monetary units progressively declines until miners reach the 21-million-unit limit. Rises in the demand for Bitcoins will lead, necessarily, to a surge in the price of Bitcoins. Bitcoin's success would imply the adoption of a monetary system prone to deflation. Thus, the question is whether the economy can grow with a deflationary monetary system. The majority of economists think not, although the Austrian School of Economics claims the opposite.

Economists should be cautious when comparing Bitcoin and the gold standard. Although gold, like Bitcoin, is scarce and its production is costly, it has a flexible supply which increases or decreases with price fluctuation: the gold standard was not a monetary system with inelastic supply in the long term. Therefore, the gold standard's historical record does not help achieve valid conclusions for an economy working with an inelastic supply monetary system. Nevertheless, unlike gold, Bitcoin enjoys some advantages because it is a virtual currency operating on a decentralised infrastructure. Henceforth, authorities cannot confiscate Bitcoin's monetary units.

Regarding elastic cryptocurrencies, Libra deserves mention. In addition to having the characteristics of a stablecoin, the project presents several advantages that *fiat* money backed by the state does not have. Firstly, it is programable money, i.e., money linked to digital platforms where programmers can develop decentralised applications. Secondly, it eases financial inclusion as it provides unbanked digital money.

Furthermore, an often overlooked virtue of global stablecoin is that they do not depend on the balance of payments and public budget of a specific jurisdiction, except if the global stablecoin relies heavily on central bank money. Access to this monetary asset could ease international trade in regions where national policy hinders its development and provide a new reserve currency that complements the US dollar as the currency that commands the International Monetary System. Moreover, a private money solution would avoid other measures that may entail unfeasible policy cooperation mechanisms and monetary instruments that can fuel geopolitical tensions, such as developing influence areas by promoting CBDC use.

In conclusion, developing digital currency areas based on global stablecoins could suppress costs and risks arising from the different monetary systems and their respective local policies and take advantage of digitalisation and the benefits of DLTs.

E. Consequences of the irruption of monetary competition

Currency competition has not motivated a swing in the central bank's strategy. Currency competition should have made central banks adopt the quantity of money as a significant variable to make monetary policy decisions and communicate them. Instead, monetary authorities have reacted to money digitalisation and the cryptocurrency emergence by announcing the possibility of launching a CBDC.

CBDC increases the availability of digital central bank money. Nonetheless, its principal legal and economic nature will depend on the central banks' design, which is still being worked on. Furthermore, central banks may decide to launch a CBDC, which is like cash and subject to less public intervention or to introduce account-based money, which allows a greater degree of public meddling, with or without commercial bank intermediation.

From the broad range of CBDC designs, central banks may choose a wholesale CBDC model. Central banks would only improve central bank payment systems, and some financial institutions would access this CBDC.

Regarding CBDC for all economic agents, or retail CBDC, its distribution may or may not involve intermediaries, i.e., third-party financial institutions may participate or not in the distribution. If central banks choose the disintermediation option, they can issue CBDC by deposit-taking or by offering tokens whose transmission takes place in a decentralised infrastructure. While in the intermediated alternative, both central banks and commercial banks participate in CBDC money settlement, the novelty in this case regarding the current monetary system lies in the fact that all economic agents always dispose of central bank money. Another proposal claims that central bank reserves, which in this case would be the CBDC, must fully cover bank deposits. The approach recovers the classical *narrow bank* plan, which proposes separating payment services and deposit-taking from the granting credit activity.

Concerning the design of CBDC, central banks will consider the impact of each CBDC on our current monetary system based on banking intermediation and fractional reserve. If central banks seek to make commercial banks redundant, they must assume their functions and replace bank money for CBDC. Central banks can also aim to suppress the fractional reserve system by laying down that central bank reserves must fully cover bank deposits. However, both approaches are self-defeating.

On the other hand, central banks could introduce a CBDC which does not impair banking intermediation. However, if this measure were to be applied, central banks must establish measures to prevent bank runs in favour of CBDC, especially during a financial crisis. Therefore, lawmakers should enact measures such as the impossibility of converting bank deposits into CBDC or the imposition of ceilings or disincentives to CBDC holdings.

Another viable solution is to pay differing remuneration to CBDC balances depending on whether economic agents use CBDC as a means of payment or store of value. Nevertheless, any measures hindering bank deposit conversion could directly threaten money uniformity. For example, if bank deposit redemption required a discount, it would mean an exchange rate between commercial and central bank money. Therefore, CBDC cannot be a standard uniting the monetary system.

The European Central Bank is one of the central banks interested in a possible retail CBDC issuance, the so-called digital euro. The approach of the European Central Bank consists of the digital euro as a tool to achieve money uniformity before digitalisation, although banking disintermediation prevention measures trigger money fragmentation. Even more worrying is the possible application of a CBDC application as a new fiscal or monetary policy instrument. The European Central Bank could initiate an inflationary spiral or financial repression against investors and savers, resulting in greater monetary competition.

Instead, the European Central Bank must address the causes of structural imbalances that prevent the Eurozone from working as an optimum currency area. One of the benchmarks which reflect symmetries is the TARGET2 balances, where Spain and Italy have a deficit position, and Germany has a correlative surplus. TARGET2 balances show that liquidity flows from the periphery to the north of the European Union. TARGET2 balances do not represent a significant risk; the credit arising from deficit and surplus positions does not mature if the euro does not suffer desertions. Nevertheless, if authorities do not address the imbalances, the European Central Bank must continue to support the budgets of debtor countries, especially in situations of financial stress. Therefore, the European Central Bank cannot tighten its monetary policy stance as it will result in a sovereign debt crisis, leading to the demise of the euro due to north Europe's reluctance to bail out peripheral countries. In this scenario, the risks of TARGET2 risks will come true.

The digital euro proposal will only worsen the weakness of the Eurozone, as it endangers bank intermediation with no significant compensation. Therefore, the European Central Bank must aim to recover the economic balances lost after the Global Financial Crisis and adopt a sound monetary strategy rather than deploy new monetary policy instruments.

2. Conclusions

A. Regulation of DLTs from a general perspective

DLTs allow secure digital value transfer with no resort to trusted intermediaries. Each DLT registry makes different design decisions regarding user accessibility, transaction verification, and the possibility of programmers developing decentralised applications. Each design reflects the DLT registry's approach and goals.

DLTs are not a universal solution to adopt in all cases. This technology will only provide value under specific conditions. Reducing transaction costs in contractual relations prone to automatisisation and the realisation of breakthrough functions are case uses that justify DLT use.

DLTs enable the formation of distributed registries that authorities cannot regulate because no person is responsible for regulatory compliance. However, the former does not mean that states should relinquish the ability to prosecute legal infringements committed in the digital realm or apply substitute legal remedies when the technology impedes the previous state's legal reposition. Public powers should not discard the possibility of influencing DLT registries either, at least some of them, because legal certainty is crucial for some DLT applications.

DLT registry evolution does not depend exclusively on the reaction of authorities; distributed system communities must decide whether they set up governance mechanisms or rely exclusively on the consensus protocol as a coordination instrument. Governance makes it possible to seek agreement with the authorities and eliminate proof of work as a consensus protocol. Conversely, the lack of a governance mechanism means having to continue with proof of work for security reasons.

Authorities must regulate intermediaries operating in the crypto economy realm. Currently, states and international organisations like the European Union have begun to regulate providers of exchange services and custodian wallet providers because they operate in the cryptocurrency ambit. However, public powers must oversee other intermediaries operating in this sector. Oracles are in this situation.

In comparative law, the neutrality principle constitutes the cornerstone of DLT regulation. Nevertheless, this situation does not mean that a reform to fit the legal system to some DLT applications is not necessary. Some reforms are particularly important. Firstly, lawmakers must suppress intermediary intervention to support token holders' rights, provided these rights do not impair the effect of public registries. Secondly, authorities must foresee exemptions when legal requirements are only justified because of centralised infrastructure. Based on the experience of the United States, lawmakers should consider the authorities' interest in technology innovation integration in the legal system. The measure of penalties waived for errors committed when applying the law is particularly interesting. It is an approach which inspired the Italian reform on fitting DLTs in the eIDAS Regulation. Comparative law study also shows the opportunity to develop a suitable regulation to promote DLT project development on Spanish soil. In any case, the European Union member States must consider the limits European Union law imposes on national lawmakers.

The need to fit the legal system to technology innovation without infringing the neutrality principle is manifest in some sectorial legislations. For instance, the eIDAS Regulation cannot comprise the self-sovereign identity model from the DLTs. The emergence of DLTs in some ambits, such as company law, also requires suppressing legal obstacles which are not technology neutral. Furthermore, liability claims in decentralised DLT networks have caused practical

problems for law enforcers¹⁰⁷⁵; legal operators need a pragmatic regulation to protect third parties' compensation rights, such as joint responsibility for DLT network members. DAO has no place in the legal system. Henceforth, lawmakers must amend the legislation to avoid using analogy to solve legal conflicts. In other cases, particularly in competition law, DLTs affect how authorities apply the law.

Legal problems arising from distributed registries and artificial intelligence can converge in some DLT applications with autonomy. This is the case for DAOs. Lawmakers must consider the benefits of acknowledging the legal personality of cybernetic entities when authorities cannot assign the liability to another person and establish means to enforce it. However, authorities and programmers need to cooperate to make this measure effective.

Regarding the specific applications of DLTs, firstly, lawmakers need to address smart contracts regulation. It does not consist of the regulation of a new contract but of establishing a set of guarantees to protect users' interests against the risks from this technological innovation. The cornerstone of the prospective rule must be the regulation by the RGPD of automated individual decision-making. Administrative action can also significantly benefit from smart contracts. Nevertheless, administrative law needs to incorporate suitable guarantees from the smart contract legal regime to secure the proper use of this technological innovation by the public sector.

European Union lawmakers have decided to apply securities regulation to security tokens while an *ad hoc* regulation will govern the remaining unregulated virtual assets. Public powers must enact primary and secondary market regulations which fit the nature of ICOs and exchanges. At the same time, the regulation must foster market disintermediation with no detriment to achieving the traditional goals of financial regulation.

B. Public sector response to cryptocurrencies

While it is true that cryptocurrencies do not adequately fulfil all the functions of money and lack state support, nothing impedes qualifying virtual currencies as monetary systems. The generally accepted social convention of using them as a means of payment for monetary debts gives them the "moneyness" condition.

In a currency competition scenario between *fiat* money backed by the states and cryptocurrencies, governments have several advantages which enable their money to prevail against cryptocurrencies without banning the latter. Usually, only *fiat* money backed by the states can settle tax liabilities and have legal tender character. On the other hand, cryptocurrencies can only substitute *fiat* money in extraordinary cases, such as state support and hyperinflation.

Commercial bank financial intermediation eases investments and constitutes the cornerstone of monetary policy. However, despite the importance of money creation by granting credit for monetary policy, the quantity of money as a valuable macroeconomic variable is still controversial. Central banks relying on neo-Keynesians models do not even consider the quantity of money because they formally limit monetary policy to interest rate management. In contrast, the quantity of money is fundamental for monetarist authors.

¹⁰⁷⁵ Before the emergence of DLTs, states found it difficult to stop the information flow in decentralised or peer-to-peer networks, such as BitTorrent or eMule. These networks do not allow the transfer of value in the same way as DLT registries, but they do facilitate file copy transmission, which infringes intellectual property rights. Due to the problems involved in prosecuting network users who distribute copyrighted works, many states have decided to make third parties responsible for this type of right infringement. In particular, authorities sanction software providers and subjects who facilitate the working of decentralised networks, for instance, by providing links. As a result, public powers have historically resorted to secondary or vicarious liability to pursue law infringements in decentralised networks. STROWEL, A., "Introduction: peer-to-peer file sharing and secondary liability in copyright law", en A. STROWEL (Ed.), *File sharing and secondary liability in copyright law*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2009, pp. 1-2.

Interest rate handling is insufficient to stimulate the economy when it reaches nominal levels near zero. Therefore, central banks needed to develop a non-conventional monetary policy. Nonetheless, monetary easing by central banks entails a significant risk as they lack a framework with contributions from the quantitative theory of money. As a result, central banks do not have relevant information to take decisions. Consequently, the monetary pillar degradation in the European Central Bank monetary strategy explains the rising inflation suffered in the Eurozone from 2021.

Cryptocurrencies are alternative monetary systems that seek to replace *fiat* money backed by the state. The expansion of cryptocurrencies depends both on their merits and on the management failures of central banks. *Fiat* money backed by the state has a few starting advantages. Authorities, which cannot regulate virtual currencies from permissionless public DLT networks, must carry out a sound monetary policy to avoid public money substitution by cryptocurrencies. Conversely, the discipline of central banks constitutes a positive consequence of currency competition.

On the other hand, some cryptocurrencies may have a narrower or more sectorial scope than other virtual currencies with a universal vocation that pursues replacing *fiat* money backed by the state. The former are cryptocurrencies linked to platforms supporting decentralised application development.

However, states propose to contest monetary competition by regulating some stablecoins. The idea that only so-called global stablecoins can pose a threat to money substitution may explain this decision. The functionalist theory of money, which asserts that volatile assets cannot prosper as money, motivates the chosen approach. Authorities also adopted this solution because they can reach the issuers of stablecoins. The Libra case proves the capacity and willingness of public powers to abort an awkward global stablecoin.

Indeed, the Proposal for a Regulation on MiCA protects investors' interests and the market integrity of crypto assets. The problem lies in the possibility of denying authorisation for the issuance of a cryptocurrency for monetary policy reasons and other measures like the prohibition of features, including interest earning. Policymakers have chosen an easy way to suppress monetary competition. Therefore, they avoid competing with the discipline of the central bank and better payment systems for international transactions. Furthermore, endeavours to protect monetary sovereignty could waste some of the benefits of global stablecoins, such as their international use by companies from countries with no convertible currencies and smart contracts.

However, a disciplined monetary policy recovering adequate interest rates would suppress incentives of money substitution. In this regard, HAYEK's proposal on money denationalisation had no other goal but to secure price stability.

In addition to the Proposal for a Regulation on MiCA, central banks have considered responding to monetary competition from cryptocurrencies and money digitalisation with CBDC issuance. The most significant issue with central bank digital currency, except in the wholesale CBDC case, lies in their eventual success, especially during a financial crisis, at the expense of banking intermediation. Supporters of replacing commercial banks by the central bank or the demise of the fractional reserve system favour retail CBDC. Nevertheless, the degradation of commercial banks is self-defeating. On the other hand, deploying CBDC, which is designed not to affect bank intermediation, is not a workable solution; economic incentives to keep bank deposits rather than CBDC may harm money uniformity.

The discipline and independence of the European Central Bank are essential to fulfil the price stability mandate and contain cryptocurrency expansion, but also to remedy the Eurozone's imbalances which are a real financial risk because of the euro's inherent fragility.

In conclusion, while authorities must face the impact of DLTs with a legal system amendment and incorporate technology innovation into administrative action in some cases, the disruption of money by distributed ledger technology needs a different approach. Therefore, central banks must address monetary competition and the digitalisation of means of payment digitalisation with a new monetary policy strategy.

C. Final reflection on the role of the public sector and the law

Public powers using non-binding regulations to achieve some goals are not novel. For instance, authorities use “nudges” to influence people’s decisions without limiting their freedom of choice¹⁰⁷⁶. Moreover, regulation by *nudges* originates in societies where tolerance toward public interference is much less than in western Europe¹⁰⁷⁷. The origin of nudge does not impede this approach from spreading to other states more prone to limit individual liberties. In addition, legal operators need flexible instruments to ease the application of the law¹⁰⁷⁸. Lawmakers can also endow legal effects on private sector self-regulation, but they cannot replace the regulatory powers of public powers¹⁰⁷⁹.

Administrative action can implement measures not consisting of passing and enforcing imperative regulations to address a new reality. Regarding DLTs, states must indeed adapt the legal system to provide legal certainty to take advantage of the potential of DLT applications. Therefore, states must establish binding regulations providing guarantees for the use of DLTs in the public and

¹⁰⁷⁶ Nudges belong to a paternalist approach because public powers meddle in citizens’ lives when they do not threaten third parties’ liberties or securities. Therefore, authorities interfere in citizens’ private spheres for “their sake”. Paternalism implies the abolition of the “harm principle” or “liberty principle” proposed by J.S. MILL. According to J.S. MILL, the government must only restrain individual freedom to avoid harm to third parties.

The nudge technique avoids imposing a penalty; it only aims to modify the informative context or framework, guiding citizens on the right path. However, the authorities’ knowledge is limited, and citizens’ preferences are varied. Therefore, this approach is the least intrusive; it only appears by disclosing information and providing warnings and dispositive rules to limit “conduct market failures”. For this reason, nudges are a “libertarian paternalism” measure.

SUNSTEIN, C.R., *Why Nudge?*, Yale University Press, New Haven, 2014, pp. 3-17.

¹⁰⁷⁷ Furthermore, the literature points out the need to regulate nudges use by the authorities. The point is that nudge use, although it does not imply coercion, is not neutral and can harm individual rights. VELASCO CABALLERO, F., “«Nudges» y Derecho administrativo”, 2018, disponible en <https://franciscovelascocaballeroblog.wordpress.com/2018/05/28/nudges-y-derecho-administrativo/> (última consulta, el 16.07.2022).

¹⁰⁷⁸ I am referring here to *soft law* instruments. They are not binding because they cannot void administrative acts on the grounds of breaching. However, they do have several interpretative legal effects. Under some circumstances, they can even lead to void administrative acts, the claim of patrimonial responsibility of the public administration because of infringement of the principle of legitimate expectations and public servants’ liability to disciplinary action due to not enforcing instructions and orders from their superiors. Nevertheless, Spanish courts grant different effects to soft law instruments depending on whether they come from the national or European Union law.

Article 6 of the Law of the legal regime of public administrations regulates Instructions and orders, which are an excellent example of soft law instruments.

ARROYO JIMÉNEZ, L.A., and RODRÍGUEZ DE SANTIAGO, J.M., “European and domestic soft law within Spanish administrative soft law”, *Preprints Series of the Center for European Studies Luis Ortega Álvarez and the Jean Monnet Chair of European Administrative Law in Global Perspective*, N 2/20, (2020), pp. 4-11.

¹⁰⁷⁹ LAGUNA DE PAZ states that self-regulation relies on the state to have legal effects. The statement implies the possibility that states assume rules from the private sector. These rules frequently come from recommendations of specialised international organisms. LAGUNA DE PAZ, J.C., “Regulación, externalización de actividades administrativas y autorregulación”, *Revista de Administración Pública*, N 185, (2011), p. 110.

private sectors. For instance, policymakers must include regulation of automated individual decision-making in the smart contract's legal regime.

However, concerning cryptocurrencies, action by public powers action should not consist in enacting imperative rules to restrict monetary competency. Private cryptocurrencies require a monetary policy answer, but it is not the retail CBDC. Improvement of the central bank's monetary policy strategy is the correct response from public administration to cryptocurrencies, particularly for the "monetary administration".

BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS

1. Referencias bibliográficas

- ABADI, J., BRUNNERMEIER, M., “Blockchain Economics”, *NBER Working Paper Series*, N 25407, (2018).
- ACOSTA GALLO, P., “El interés general como principio inspirador de las políticas públicas”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 41, (2016).
- ADRIAN, T., MANCINI-GRIFFOLI, T., “The Rise of Digital Money”, *Fintech Notes*, N 1, (2019).
- ADRIAN, T., WEEKS-BROWN, R., “Cryptoassets as National Currency? A Step Too Far”, 2021, disponible en <https://blogs.imf.org/2021/07/26/cryptoassets-as-national-currency-a-step-too-far/> (última consulta, el 10.06.2022).
- Agencia Española de Protección de Datos y Supervisor Europeo de Protección de Datos, “Introducción al hash como técnica de seudonimización de Datos Personales”, 2019, disponible en <https://www.aepd.es/sites/default/files/2020-05/estudio-hash-anonimidad.pdf> (última consulta el 01.12.2020).
- AKERLOF, G.A., “The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, No. 3. (1970), pp. 488-500.
- ALAMILLO DOMINGO, I., “EL RDL 14/2019: una extraordinariamente urgente e innecesaria reforma del régimen de identificación y firma electrónica en la LPAC”, *Consultor de los Ayuntamientos y de los Juzgados: Revista Técnica Especializada en Administración Local y Justicia Municipal*, N 12, (2019), pp. 112-123.
- ALFARO ÁGUILA REAL, J., “La regulación de las plataformas”, 2016, disponible en <https://derechomercantiles pana.blogspot.com/2016/05/la-regulacion-de-las-plataformas.html> (última consulta el 29.01.2020).
- ALFARO ÁGUILA-REAL, J., “Los títulos valores y el pasado como futuro”, 2017, disponible en <https://almacenedderecho.org/los-titulos-valores-pasado-futuro/> (última consulta el 06.09.2019).
- ALONSO LEDESMA, C., “Innovaciones en el marco de los proveedores de servicios de pago. La regulación en derecho español” en M. CUENA CASAS y J. IBÁÑEZ JIMÉNEZ (Dirs.), *Perspectiva legal y económica del fenómeno FinTech*, La Ley, Madrid, 2021.
- ALVAREZ, F.E., ARGENTE, D., VAN PATTEN, D., “Are cryptocurrencies currencies? Bitcoin as legal tender in El Salvador”, *NBER Working Paper Series*, N 29968, (2022).
- AMMOUS, S., *The Bitcoin Standard*, Wiley, Nueva York, 2018.
- ANDOLFATTO, D., “Blockchain: What It Is, What It Does, and Why You Probably Don’t Need One”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, Vol. 100, N 2, (2018), pp. 87-95.
- ANGUIANO JIMÉNEZ, J.M., “Blockchain: Fundamentos y perspectiva jurídica. De la confianza al consenso”, *Diario La Ley*, N 18, (2018).
- ANTONOPOULOS, A.M., *Mastering bitcoin programming the Open Blockchain*, O’Reilly Media, Inc, Sebastopol, 2017.
- ANTONOPOULUS, A.M., Wood, G., *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and Dapps*, O’Reilly Media, Sebastopol, 2018.
- ARENILLA LORENTE, C., *Regulación y supervisión financiera: reflexiones ante la crisis*. Documento presentado en Jornada sobre el sistema financiero ante la crisis económica, Madrid, 2009.
- ARNER, D., AUER, R., FROST, J., “Stablecoins: risks, potential and regulation”, *BIS Working Papers*, N 905, (2020).
- ARROYO JIMÉNEZ, L., “El Derecho administrativo europeo como sistema”, *Revista de Derecho Público: Teoría y Método*, Vol. 1, (2020), pp. 176-205.
- ARROYO JIMÉNEZ, L., “Las caras del Derecho administrativo transnacional”, *Revista de Administración Pública*, N 218, (2022), pp. 102-122.
- ARROYO JIMÉNEZ, L.A. RODRÍGUEZ DE SANTIAGO, J.M., “European and domestic soft law within Spanish administrative soft law”, *Preprints Series of the Center for European*

Studies Luis Ortega Álvarez and the Jean Monnet Chair of European Administrative Law in Global Perspective, N 2/20, (2020).

- ARRUÑADA SÁNCHEZ, B. Y GARICANO GABILONDO, L., “Blockchain: The Birth of Decentralized Governance”, *Universitat Pompeu Fabra Economics Working Paper Series*, N 1608, (2018).
- ARRUÑADA SÁNCHEZ, B., “Property Enforcement as organized consent”, *The Journal of Law, Economics and Organization*, Vol. 19, N 2, (2003), pp. 401-444.
- ARSLANIAN, H., FISCHER, F., *The Future of Finance. The Impact of Fintech, AI and Crypto on Financial Services*, Palgrave Macmillan, Londres, 2019.
- ARSLANIAN, H., *The book of crypto*, Palgrave Macmillan, Cham, 2022.
- ARVIDSSON, N., *Building a Cashless Society The Swedish Route to the Future of Cash Payments*, Springer, Cham, 2019.
- ASENSIO BORRELLAS, V.J., “El bitcoin: una primera aproximación jurídica en derecho civil español”, 2019, disponible en <https://elderecho.com/bitcoin-una-primera-aproximacion-juridica-derecho-civil-espanol#:~:text=%E2%80%9CUn%20bitcoin%20es%20un%20bien,en%20transacciones%20de%20todo%20tipo> (última consulta el 24.06.2020).
- Asociación Libra, “Presentación de Libra”, 2019, disponible en https://libra.org/es-LA/wp-content/uploads/sites/18/2019/06/LibraWhitePaper_es_LA.pdf (última consulta el 24.02.2020).
- Asociación Libra, “The Regulatory Regime for Stablecoin”, 2019, disponible en <https://libra.org/wp-content/uploads/2019/10/Libra-Association-Response-to-G7-The-Regulatory-Regime-for-Stablecoins.pdf> (última consulta el 06.05.2020).
- ATENIESE, G., MAGRI, B., VENTURI, D., ANDRADE, E., “Redactable Blockchain —or— Rewriting History in Bitcoin and Friends”, *IEEE European Symposium on Security and Privacy*, (2017), pp. 111-126.
- ATTA-KRAH, K.D., “Preventing a Boom from Turning Bust: Regulators Should Turn Their Attention to Starter Interrupt Devices Before the Subprime Auto Lending Bubble Bursts”, *Iowa Law Review*, Vol. 101, N 3, (2016), pp. 1187-1222.
- AUER, R., HAENE, P., HOLDEN, H., “Multi-CBDC arrangements and the future of cross border payments”, *BIS Papers*, N 115, (2021).
- AWREY, D., VAN ZWIETEN, K., “The Shadow Payment System”, *The Journal of Corporation Law*, Vol. 43, N 4, (2018), pp. 776-816.
- BABICH, V., HILARY, G., “Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology”, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 22, N 2, (2019).
- BACON, J., MICHELS, J.D., MILLARD, C., SINGH, J., “Blockchain Demystified. An introduction to blockchain technology and its legal implications”, *Richmond Journal of Law & Technology*, Vol. 25, N 1, (2018).
- BAENA ZAPATERO, R., “Blockchain y Derecho de la Competencia: una primera, y probablemente prematura, exploración”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 583-615.
- BAIRD, L., HARMON, M., MADSEN, P., “Hedera: A public Hashgraph Network & Governing Council. The trust layer of the internet”, disponible en <https://www.hedera.com/hh-whitepaper-v1.5-190219.pdf> (ultima consulta, el 01.07.2020).
- BAKER, L., HAMILTON, J., KHARIF, O., “Mark Zuckerberg’s Stablecoin Ambitions Unravel With Diem Sale Talks”, 2022, disponible en <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-01-25/zuckerberg-s-stablecoin-ambitions-unravel-with-diem-sale-talks?sref=ExbtjcSG#xj4y7vzkg> (última consulta, el 18.06.2022).
- Banco de España, “¿Cómo actúa la política monetaria?”, disponible en https://www.bde.es/bde/es/areas/polimone/politica/Como_actua_la_po/Como_actua_la_1e660642abac821.html (última consulta, el 11.07.2022).

- Banco de España, “Los instrumentos del Eurosistema”, 2022, disponible en https://www.bde.es/bde/es/areas/polimone/instrumentos/Los_instrumento_12a60642abac821.html (última consulta, el 09.07.2022).
- Banco Santander, “Santander y Broadridge utilizan por primera vez tecnología blockchain para votar en una junta general de accionistas”, disponible en <https://www.santander.com/content/dam/santander-com/es/documentos/historico-notas-de-prensa/2018/05/NP-2018-05-17-Santander%20y%20Broadridge%20utilizan%20por%20primera%20vez%20tecnolog%C3%ADa%20blockchain%20para%20votar%20en%20una%20ju-es.pdfhttps://> (última consulta el 04.02.2020).
- Bank for International Settlements, “Cross-border retail payments”, *Committe on Payments and Market Infrastructure Papers*, N 173, (2018).
- Bank for International Settlements, “Investigating the impact of global stablecoins”, 2019, disponible en <https://www.bis.org/cpmi/publ/d187.pdf> (última consulta el 06.03.2020).
- Bank of England, “Central Bank Digital Currency Opportunities, challenges and design”, 2020, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper> (última consulta, el 22.06.2022).
- Bank of England, “Statement on Central Bank Digital Currency next steps”, 2021, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/news/2021/november/statement-on-central-bank-digital-currency-next-steps> (última consulta, el 28.06.2022).
- Bank of England, “The transmission mechanism of monetary policy”, *Bank of England Quarterly Bulletin*, Vol. 39, N 2, (1999), pp. 161-170.
- BARBER, S., BOYEN, X., SHI, E., UZUN, E., “Bitter to Better — How to Make Bitcoin a Better Currency”, en A. KEROMYTIS (Ed.), *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, Springer, Berlin, 2012, pp. 399-414.
- BARRIO ANDRÉS, M., “Concepto y clases de criptoactivos” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.), *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 37-62.
- BARRIO ANDRÉS, M., *Internet de las Cosas*, Reus, Madrid, 2020.
- BARROW, R.J. “Rules vs discretion”, *NBER Working Paper Series*, N 1473, (1984).
- BASHIR, I., *Mastering Blockchain, distributed ledger technology, decentralization and Smart Contracts explained*, Packt Publishing, Birmingham, 2018.
- BBC, “IMF urges El Salvador to remove Bitcoin as legal tender”, 2022, disponible en <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-60135552> (última consulta, el 10.06.2022).
- BCE, ¿“What are TARGET2 balances?”, 2020, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/target2_balances.en.html (última consulta, el 30.06.2022).
- BCE, ¿Qué es el dinero?, 2015, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what_is_money.es.html (última consulta, el 14.05.2022).
- BCE, “Convergence Report”, 2020, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/conrep/ecb.cr202206~e0fe4e1874.en.pdf> (última consulta, el 29.06.2022).
- BCE, “Dictamen del Banco Central Europeo de 19 de febrero de 2021 sobre una propuesta de reglamento relativo a los mercados de criptoactivos y por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937” (CON/2021/4).
- BCE, “Eurosysteem launches digital euro project”, 2021, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/pr/date/2021/html/ecb.pr210714~d99198ea23.en.html> (última consulta, el 28.06.2022).
- BCE, “Eurosysteem report on the public consultation on a digital euro”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Eurosysteem_report_on_the_public_consultation_on_a_digital_euro~539fa8cd8d.en.pdf (última consulta, el 29.06.2022).

- BCE, “Guía para la evaluación de las solicitudes de autorización de entidades de crédito fintech”, disponible en https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.201803_guide_assessment_fintech_credit_inst_licensing.es.pdf?27b2002c87bed6f84e45433dc820ec2a (última consulta el 18.09.2020).
- BCE, “Investigation phase”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/investigation/html/index.en.html (última consulta, el 25.02.2022).
- BCE, “Key interest rates”, disponible en https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/key_ecb_interest_rates/html/index.en.html (última consulta, el 02.06.2022).
- BCE, “La misión del Eurosistema”, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/ecb/orga/escb/eurosystem-mission/html/index.es.html> (última consulta, el 30.06.2022).
- BCE, “La política monetaria del BCE”, 2011, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/monetarypolicy2011es.pdf> (última consulta, el 01.06.2022).
- BCE, “Manual on MFI balance sheet statistics”, 2019, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/ecb.manualmfibalancesheetstatistics201901~d2ebf72987.en.pdf?7387f911ffbc48fa536a5e61bbd2ce49> (última consulta, el 20.06.2022).
- BCE, “Report on a digital euro”, 2020, disponible en https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/Report_on_a_digital_euro~4d7268b458.en.pdf (última consulta el 25.02.2022).
- BCE, “Stablecoins —no coins, but are they stable?”, *In Focus*, N 3, (2019).
- BCE, “Target balances and monetary policy operations”, *Monthly Bulletin*, mayo, (2013), pp. 103-114.
- BCE, “The ECB’s monetary policy strategy statement”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/home/search/review/pdf/ecb.strategyreview_monopol_strategy_statement.en.pdf (última consulta, el 04.06.2022).
- BCE, “un euro digital”, disponible en https://www.ecb.europa.eu/paym/digital_euro/html/index.es.html (última consulta, el 22.06.2022).
- BCE, “Update on economic and monetary developments”, *Economic Bulletin*, N 7, (2016).
- BCE, “What is a lender of last resort?”, 2019, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/what-is-a-lender-of-last-resort.en.html> (última consulta, el 20.05.2022).
- BCE, “Why is inflation currently so high?”, 2021, disponible en https://www.ecb.europa.eu/ecb/educational/explainers/tell-me-more/html/high_inflation.en.html (última consulta el 15.02.2022).
- BCE, *Virtual Currency Schemes*, Banco Central Europeo, Frankfurt, 2012.
- BCE, *Virtual Currency Schemes-a further analysis*, Banco Central Europeo, Frankfurt, 2015.
- BECKWORTH, D., “George Selgin on the Future of CBDC, Fed Accounts, and Stablecoins”, 2022, disponible en <https://www.mercatus.org/bridge/podcasts/01242022/george-selgin-future-cbdc-fed-accounts-and-stablecoins> (última consulta, el 18.06.2022).
- BECKWORTH, D., “The Great Divorce: The Federal Reserve’s Move to a Floor System and the Implications for Bank Portfolios”, 2018, pp. 8-9, disponible en <https://www.mercatus.org/system/files/beckworth-great-divorce-mercatus-research-v1.pdf> (última consulta el 02.03.2022).
- BEDNARZ, Z., “El uso de la tecnología blockchain en las sociedades cotizadas. La implicación de los accionistas”, *Revista de Derecho de Sociedades*, N 58, (2020).

- BEDNARZ, Z., “La representación de acciones en forma de tokens en Blockchain”, *Revista del Derecho del Mercado de Valores*, N 26, (2020).
- BEDNARZ, Z., “There and back again: how target market determination obligations for financial products may incentivise consumer data profiling”, *International Review of Law, Computers & Technology*, Vol. 36, N 2, (2022), pp. 138-160.
- BENES, J., KUMHOF, M., “The Chicago Plan Revisited” *IMF Working Paper*, N 202, (2012).
- BENSTON, G.J., SMITH, C.W., SOURCE, J., “A Transactions Cost Approach to the Theory of Financial Intermediation” *The Journal of Finance*, Vol. 31, N 2, (1976), pp. 215-231.
- BERENTSEN, A., SCHÄR, F., “The Case for Central Bank Electronic Money and the Non-case for Central Bank Cryptocurrencies”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, Vol. 100, N 2, (2018), pp. 97-106.
- BERROCAL LANZAROT, A.I., “Los certificados electrónicos en la Ley 59/2003, de 19 de diciembre. En especial, los certificados de personas jurídicas (I)”, *Revista de Derecho de la UNED*, N 1, (2006), pp. 213-246.
- Binance, “¿Para qué nos hemos registrado en el Banco de España?” disponible en <https://www.binance.com/es/blog/all/para-qu%C3%A9-nos-hemos-registrado-en-el-banco-de-espa%C3%B1a-421499824684903376> (última consulta, el 20.07.2022).
- Binance, “Seis grandes marcas que aceptan BTC y por qué”, 2022, disponible en <https://www.binance.com/es-LA/blog/payment/seis-grandes-marcas-que-aceptan-btc-y-por-qu%C3%A9-421499824684903357> (última consulta, el 11.07.2022).
- BINDSEIL, U., “Tiered CBDC and the financial system”, *ECB Working Paper Series*, N 2351, (2020).
- Bit2me, “¿Qué es el bloque génesis (Genesis Block)?”, disponible en <https://academy.bit2me.com/que-es-bloque-genesis/> (última consulta el 02.02.2022).
- Bit2me, “¿Qué son las Lightweight Wallets o monederos ligeros?”, disponible en <https://academy.bit2me.com/monederos-bitcoin-ligeros-para-ordenador/> (última consulta el 06.10.2021).
- Bit2me, “¿Qué son los oráculos blockchain?”, disponible en <https://academy.bit2me.com/que-es-oraculos-blockchain/> (última consulta el 06.10.2021).
- Bitcoin.com “What is Ethereum's monetary policy?”, disponible en <https://www.bitcoin.com/get-started/what-is-ethereum-monetary-policy/> (última consulta, el 08.06.2022).
- BITSO, “¿Qué son las confirmaciones de Bitcoin?”, disponible en <https://help.bitso.com/es-LA/support/solutions/articles/11000001041--qu%C3%A9-son-las-confirmaciones-de-bitcoin-> (última consulta el 05.10.2021).
- BLANCO SÁNCHEZ, M.J., “Situación regulatoria y actitud de las autoridades competentes ante el fenómeno de las ICOs (Initial Coin Offerings)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 23, (2018).
- BLASCO BOCIGAS, P., *Fintech banking*, LID, Madrid, 2021.
- BLINDER, A., *The Quiet Revolution*, Yale University Press, New Haven, 2004.
- Blockchain taskforce, “Strengthening the blockchain in Switzerland. The White Paper of the Blockchain Taskforce”, 2018, disponible en https://blockchainfederation.ch/wp-content/uploads/2018/10/Blockchain-Taskforce-White-Paper_English-Version1.pdf (última consulta 02.04.2019).
- Bloomberg, “La criptomoneda 'fallida' de Facebook, Libra, comienza 2020 con problemas en Suiza”, 2020, disponible en <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/10308948/01/20/La-criptomoneda-fallida-de-Facebook-libra-comienza-2020-con-problemas-en-Suiza.html> (última consulta el 09.03.2020).
- BOIX PALOP A., “Los algoritmos son reglamentos: la necesidad de extender las garantías propias de las normas reglamentarias a los programas empleados por la administración para la adopción de decisiones”, *Revista de Derecho Público: Teoría y Método*, Vol. 1, N 1, (2019), pp. 223-269.

- BONEVA, L., FERRUCCI, G., MONGELLI, F.P., “To be or not to be “green”: how can monetary policy react to climate change?”, *Occasional Paper Series*, N 285, (2021).
- BORDO, M. L., LANE, J.L., REDISH, A., “Good versus bad deflation: lessons from the gold standard era”, *NBER Working Paper Series*, N 10329, (2004).
- BOUCHER, P., NASCIMENTO, S., KRITIKOS, M., *Cómo puede cambiar nuestra vida la tecnología de la cadena de bloques. Análisis en profundidad*, Parlamento Europeo, Bruselas, 2017.
- BRACERO OSUNA, F., “Así funcionará Libra, la criptomoneda de Facebook”, 2019, disponible en <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20190623/463034230432/asi-funciona-libra-criptomoneda-facebook.html> (última consulta el 24.02.2020).
- BROWN, B., *The case against 2 per cent inflation*, Palgrave Macmillan, Cham, 2018.
- BROWNE, R., “Christine Lagarde says crypto is worth nothing”, 2022, disponible en <https://www.cnn.com/2022/05/23/ecb-chief-christine-lagarde-crypto-is-worth-nothing.html> (última consulta, el 06.06.2022).
- BRUNNERMEIER, M.K., JAMES, H., LANDAU, J.P., “The digitalization of money”, *BIS Working Paper*, N 941, (2021).
- BRUNNERMEIER, M.K., LANDAU, J.P., “The digital euro: policy implications and perspectives”, 2022, disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/703337/IPOL_STU\(2022\)703337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2022/703337/IPOL_STU(2022)703337_EN.pdf) (última consulta el 25.02.2022).
- BRUNO LE MAIRE. “EU should refuse the development of Facebook’s libra, Bruno Le Maire says”, 2019, disponible en <https://www.cnn.com/video/2019/09/13/eu-should-refuse-the-development-of-facebooks-libra-bruno-le-maire.html>. (última consulta el 11.10.2021).
- BUCHHEIT, L. C., GULATI, G.M., TIRADO MARTÍ, I., “The Problem of Holdout Creditors in Eurozone Sovereign Debt Restructurings”, 2013, disponible en https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5485&context=faculty_scholarship (última consulta, el 08.11.2022).
- BULLMANN, D., KLEMM, J., PINNA, A., “In search for stability in crypto-assets: are stablecoins the solution?”, *Occasional Paper Series*, N 230, (2019).
- BUSTOS PRETEL, G., “El archivo en la era Blockchain,” *El Consultor de los Ayuntamientos y de los Juzgados: Revista Técnica Especializada en Administración Local y Justicia Municipal*, N extra-1, (2018), pp. 105-115.
- BUTERIN, V., “A next generation smart contract & decentralized application platform”, 2014, disponible en https://blockchainlab.com/pdf/Ethereum_white_paper-a_next_generation_smart_contract_and_decentralized_application_platform-vitalik-buterin.pdf (última consulta, el 08.06.2022).
- BUTERIN, V., “DAOs, DACs, DAs and More: “An Incomplete Terminology Guide”, 2014, disponible en <https://blog.ethereum.org/2014/05/06/daos-dacs-das-and-more-an-incomplete-terminology-guide/> (última consulta el 04.12.2019).
- BUTERIN, V., “Notes on Blockchain Governance”, 2019, disponible en <https://hackernoon.com/notes-on-blockchain-governance-ob65o3pod> (última consulta el 14.02.2020).
- BUTERIN, V., GRIFFITH, V., “Casper the Friendly Finality Gadget”, 2015, disponible en <https://arxiv.org/pdf/1710.09437.pdf> (última consulta, el 16.04.2022).
- CAETANO, R., *Learning Bitcoin. Embrace the new world of finance by leveraging the power of crypto-currencies using Bitcoin and the Blockchain*, Packt Publishing, Birmingham, 2015.
- CALOMIRIS, C.W. “Chartering the FinTech future”, 2020, disponible en <https://www.occ.gov/publications-and-resources/publications/economics/working-papers-banking-perf-reg/pub-econ-working-paper-chartering-fintech-future.pdf> (última consulta última consulta el 09.02.2021).
- CANALEJAS MERÍN, J.F., “Algunas cuestiones en torno a la propuesta de la Comisión europea sobre los mercados de criptoactivos (MiCA)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 27, (2020), pp. 386-418.

- CARNEY, M., "The Future of Money", 2018, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/speech/2018/the-future-of-money-speech-by-mark-carney.pdf?la=en&hash=A51E1C8E90BDD3D071A8D6B4F8C1566E7AC91418> (última consulta el 11.09.2020).
- CASANUEVA CAÑETE, D., LÓPEZ DE LA CRUZ, N., "El concepto de criptomoneda y breves consideraciones en torno a su tributación", *Documentos-Instituto de Estudios Fiscales*, N 10, (2018), pp. 77-85.
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J., DAMRICH, S. y SCHWARTZ, P. "A model of parallel currencies under free floating exchange rates" *Studies in Applied Economics*, N 160, (2020).
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J., SCHWARTZ, GIRÓN, P. "How functional is the eurozone? an index of european economic integration through the single currency", *Economic Affairs*, Vol. 37, N 3, (2017), pp. 365-372.
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., CONGDON, T., "Inflation: the next threat?", 2020, pp. 19-23, disponible en <https://iea.org.uk/publications/33536/> (última consulta el 15.02.2022).
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., "A rule-based monetary strategy for the European Central Bank: a call for monetary stability", *SUERF Policy Note*, N 192, (2020).
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., "Euro 2.0': a preliminary assessment of the European Banking Union and a market-oriented monetary alternative", *European View*, Vol. 16, N 1, (2017), pp. 33-43.
- CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., CONGDON, T., "Have central banks forgotten about money?" en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 101-132.
- CATALINI, C., GANS, J.S., "Some simple economics of the blockchain", *National Bureau of Economic Research*, N 22952, (2019).
- CATALINI, C., TUCKER, C., "Antitrust and Costless Verification: An Optimistic and a Pessimistic View of the Implications of Blockchain Technology", *MIT Sloan School of Management*, N 5523, (2018).
- CATÃO, L., "Real Exchange Rates: What Money Can Buy", 2020, disponible en <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/basics/realex.htm> (última consulta, el 17.06.2022).
- CEDEÑO BREA, E., "El uso de las nuevas tecnologías para el conocimiento del consumidor financiero", en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dirs.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 207-235.
- CHAMPAGNE, P., *The book of Satoshi*, e53 Publishing, Nueva York, 2014.
- CHEN, J., "Flowchain. A distributed ledger for peer-to-peer IoT networks and real-time data transactions", 2019, disponible en <https://flowchain.co/Flowchain-Whitepaper-3.0-en.pdf> (última consulta el 02.07.2020).
- CHEN, L. CONG, L.W., XIAO, Y., "A Brief Introduction to Blockchain Economics", en K. R. BALACHANDRAN (Ed.) *Information for efficient decision making: big data, blockchain and relevance*, World Scientific Publishing Company, Singapur, 2020, pp. 1-35.
- CHIU, J, KOEPL, V.K., "Incentive Compatibility on the Blockchain", *Bank of Canada Staff Working Paper*, N 2018-34, (2018).
- CHRISTIDIS, K., DEVETSIKIOTIS, M., "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things", *IEEE Access*, Vol. 4, N 1, (2016), pp. 2292-2303.
- CHRISTOPHER, J.W., "CBDC - A Solution in Search of a Problem?", 2021, disponible en <https://www.bis.org/review/r210806a.pdf> (última consulta el 07.02.2022).
- CITRON, D. K., "Technological Due Process", *Washington University Law Review*, Vol. 85, N 6, (2008), pp. 1249-1313.
- CLAEYS, G., DEMERTZIS, M., EFSTATHIOU, K., "Cryptocurrencies and monetary policy", *Bruegel Policy Contribution*, N 10, (2018).
- CLARIDA, R., GALI, J., GERTLER, "The science of monetary policy: a new keynesian perspective", *National Bureau of Economic Research*, N 7147, (1999).

- CLARK, J., DEMIRAG, D., MOOSAVI, S., “Demystifying Stablecoins”, *Communications of the ACM*, Vol. 63 N 7, (2020), pp. 40-46.
- CLAYTON, J., “Statement on Cryptocurrencies and Initial Coin Offerings”, 2017, disponible en <https://www.sec.gov/news/public-statement/statement-clayton-2017-12-11> (última consulta el 10.02.2021).
- CNMC, “Estudio sobre el impacto en la competencia de las nuevas tecnologías en el sector financiero (fintech) (E/CNMC/001/18)”, 2018, disponible en https://www.cnmc.es/sites/default/files/2173343_12.pdf (última consulta el 21.07.2019).
- COASE, R.H., “Durability and Monopoly”, *Journal of Law and Economics*, Vol. 15, N 1, (1972), pp. 143-149.
- COASE, R.H., “The Nature of the firm”, *Economica, New Series*, Vol. 4, N 16, (1937), pp. 386-405
- COASE, R.H., “The problem of social cost”, *The Journal of Law & Economics*, Vol. 3, Octubre, (1960), pp. 1-44
- CODES CALATRAVA, A., “Blockchain y regulación de los valores”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 415-448.
- Cointelegraph, “Bitcoin Wallets for Beginners: Everything You Need to Know”, disponible en <https://cointelegraph.com/bitcoin-for-beginners/what-is-bitcoin-wallets#mobile> (última consulta el 06.10.2021).
- COMANA, M., PREVITALI, D., BELLARDINI, L., *The MiFID II framework. How the New Standards are Reshaping the Investment Industry*, Springer, Steinhausen, 2019.
- Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional, CNUDMI, *Ley Modelo de la CNUDMI sobre las Firmas Electrónicas con la Guía para su incorporación al derecho interno 2001*, Naciones Unidas, Nueva York, 2002.
- Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional, CNUDMI, *Ley Modelo de la CNUDMI sobre Comercio Electrónico con la Guía para su incorporación al derecho interno con el nuevo artículo 5 bis aprobado en 1998*, Naciones Unidas, Nueva York, 1999.
- Commission Nationale informatique & Libertés, “Premiers éléments d’analyse de la CNIL: Blockchain”, 2018, disponible en https://www.cnil.fr/sites/default/files/atoms/files/la_blockchain.pdf (última consulta el 16.05.2019)
- Committee on Capital Markets Regulation, “Blockchain and securities clearing and settlement”, 2019, disponible en https://www.capmktsreg.org/wp-content/uploads/2019/04/CCMR_statement_Blockchain_Securities_Settlement-Final.pdf (última consulta el 29.05.2020).
- Committee on Economic and Monetary Affairs, “Monetary dialogue with Mario Draghi, president of the european central bank”, 2019, disponible en https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2019/html/ecb.sp190128_transcript.en.pdf (última consulta, el 30.06.2022).
- Committee on Payments and Market Infrastructures, *Central bank digital currencies*, Bank for International Settlements, Basilea, 2018.
- CONGDON, T., “¿How have changes in regulation affected UK bank credit since the Great Recession?”, *Institute of International Monetary Research. Research Paper*, N 9, (2021)
- CONGDON, T., “Can central banks run out of ammunition? The role of the money-equities-interaction channel in monetary policy” *Economic Affairs*, Vol. 41, N 1, (2021), pp. 21-37.
- CONGDON, T., “Monetary Policy at the Zero Bound”, *World Economics*, Vol. 11, N 1, (2010).
- CONGDON, T., “On some principles to fix the quantity of bank money”, *Institute of International Monetary Research Papers*, N 5, (2019).
- CONGDON, T., “Slowdown in US monetary Growth”, *Lombard Street Research Monthly Economic Review*, N 174, (2003).

- CONGDON, T., “The debate over *quantitative easing* in the UK’s Great Recession and afterwards”, en T. Congdon (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 57-77.
- CONGDON, T., “What were the causes of the Great Recession? The main mainstream approach vs the monetary interpretation” en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 27-56.
- CONGDON, T., *Central Banking in a Free Society*, Institute of Economic Affairs, Londres, 2009.
- CONGDON, T., *Money in a free society*, Encounter Books, Nueva York, 2011.
- CONNOR, M., “The mystery of the Genesis block”, 2021, disponible en <https://coingeek.com/the-mystery-of-the-genesis-block/#:~:text=The%20Genesis%20block%20is%20shrouded,it%20to%20January%203%2C%202009> (última consulta, el 06.06.2022).
- Consejo de Gobernadores del Sistema de Reserva Federal, “Money and Payments: The U.S. Dollar in the Age of Digital Transformation Money and Payments: The U.S. Dollar in the Age of Digital Transformation”, 2022, disponible en <https://www.federalreserve.gov/publications/files/money-and-payments-20220120.pdf> (última consulta, el 21.06.2022).
- Consorcio Red Alastria, “Política de cumplimiento de Derecho de la Competencia”, 2017, disponible en <https://alastria.io/wp-content/uploads/2019/08/Política-de-Derecho-de-la-Competencia.pdf> (última consulta el 28.09.2019).
- CONTHE GUTIÉRREZ, M., “El futuro del dinero” en F. FERNÁNDEZ MÉNDEZ DE ANDÉS (Ed.), *El euro en 2020. Un Anuario sobre la Unión Monetaria Europea*, Fundación de Estudios Financieros y Fundación ICO, Madrid, 2020, pp. 225-266.
- CORDERO VALDAVIDA, M., “Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional”, *Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas*, N 16, (2019), pp. 16-34.
- Criptonoticias, “2020, el año de la adopción de bitcoin y criptomonedas para pagos en Venezuela”, 2021, disponible en <https://www.criptonoticias.com/comunidad/2020-ano-adopcion-bitcoin-criptomonedas-pagos-venezuela/> (última consulta el 16.02.2021).
- Criptonoticias, “El mercado de bitcoin en Venezuela no para de crecer y ahora quiere tarjetas físicas”, 2022, disponible en <https://www.criptonoticias.com/entrevistas/mercado-bitcoin-venezuela-no-para-crecer-ahora-quiere-tarjetas-fisicas/> (última consulta, el 07.06.2022).
- CRUZ HIDALGO, E., RANGEL PRECIADO, J.F., PAREJO MORUNO, M., “Reflexiones sobre el dinero moderno: la emergencia del cartalismo”, *Athena Digital*, Vol. 20, N 2, (2020).
- CUADRADO ROURA, J.R., “Política monetaria” en J.R. CUADRADO ROURA (Dir.) *Política económica. Elaboración, objetivos e instrumentos*, McGraw-Hill, Madrid, 2010, pp. 287-322.
- CUENDE, L., IZQUIERDO, J., “Whitepaper Aragon network a decentralized infrastructure for value exchange”, 2017, disponible en <https://blog.aragon.one/author/jorge/> (última consulta el 07.02.2020).
- D’ORS Y PÉREZ-PEIX, A., “Creditum y Contractus”, *Anuario de Historia del Derecho Español*, N 26, (1956), pp. 183-207.
- DANS, E. “Cuestionando la cadena de bloques”, 2019, disponible en <https://www.enriquedans.com/2019/02/cuestionando-la-cadena-de-bloques.html> (última consulta el 27.11.2020).
- DAVIDSON, S., DE FILIPPI, P., POTTS, J., “Blockchains and the economic institutions of capitalism”, *Journal of Institutional Economics*, Vol. 14, N 4, (2018), pp. 639-658.
- DE FILIPPI, P., WRIGHT, A., *Blockchain and the law: the rule of code*, Harvard University Press, Cambridge, 2018.
- DE GRAUWE, P., *Economics of Monetary Unions*, Oxford University Press, Oxford, 2020.
- DE HOCES ÍÑIGUEZ, J.R., GARCÍA-PERROTE, G., “La nueva arquitectura europea para la regulación y supervisión financiera”, en F.J. LEÓN SANZ (Dir.), *Las reformas de las sociedades cotizadas y del sistema financiero 2008-2013*, Aranzadi, Cizur Menor, 2014

- DE MIGUEL ASENSIO, P.A., “Propuesta de reglamento sobre los mercados de criptoactivos en la Unión Europea”, *La Ley. Unión Europea*, N 85, (2020).
- DE VRIES, A., “Bitcoin’s Growing Energy Problem”, *Joule*, Vol. 2, N 5, (2018), pp. 801-805.
- DEIRMENTZOGLOU, E., PAPAKYRIAKOPOULOS, G., PATSAKIS, C., “A Survey on Long-Range Attacks for Proof of Stake Protocols”, *IEEE Access*, Vol. 7, (2019), pp. 28712-28725.
- DEL CASTILLO IONOV, R., *Las initial coin offerings (ICOS) y la tokenización de la economía*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018.
- DELGADO DE MOLINA RIUS, A., “Blockchain: concepto, funcionamiento y aplicaciones” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 31-61.
- DELGADO DE MOLINA RIUS, A., GARCÍA GIL, V., “Los contratos inteligentes o smart contracts” en A. GURREA MARTÍNEZ, N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 417-440.
- DELIVORIAS, A., “Distributed ledger technology and financial markets”, 2016, disponible en [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593565/EPRS_BRI\(2016\)593565_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593565/EPRS_BRI(2016)593565_EN.pdf) (última consulta, el 15.09.2019).
- Deutsche Bundesbank, “The two-tier system for reserve remuneration and its impact on banks and financial markets”, *Deutsche Bundesbank Monthly Report*, Vol. 73, N 1, (2021), pp. 59-79.
- DHILLION, V., METCALF, D., HOOPER M., *Blockchain Enabled Applications, Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make it Work for You*, Apress Media LLC, Nueva York, 2017.
- Díez-PICAZO Y PONCE DE LEÓN, *Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial*, Civitas, Cizur Menor, 2008.
- Díez-PICAZO Y PONCE DE LEÓN, L., *Fundamentos del Derecho Civil Patrimonial Volumen I*, Civitas, Madrid, 2008.
- DING, C.H., Nutanong, S., Buyya, R., “P2P Networks for Content Sharing”, disponible en <https://arxiv.org/ftp/cs/papers/0402/0402018.pdf#:~:text=The%20architecture%20of%20Napster%20is,traffic%20between%20individual%20registered%20users> (última consulta el 09.02.2022).
- DORRUCI, E., MCKAY, J., “The International monetary system after the financial crisis”, *Occasional Paper Series*, N 123, (2011).
- DRESHER, D., *Blockchain Basics. A Non-Technical Introduction in 25 Steps*, Apress, Nueva York, 2017.
- DREXL, J., BANDA, C., GONZÁLEZ OTERO, B., HOFFMANN, J., KIM, D., KULHARI, S., MOSCON, RICHTER, H., WIEDEMANN, K., “Position Statement of the Max Planck Institute for Innovation and Competition of 25 May 2022 on the Commission’s Proposal of 23 February 2022 for a Regulation on harmonised rules on fair access to and use of data (Data Act)”, *Max Planck Institute for Innovation & Competition Research Paper*, N 22-05, (2022).
- DREY, F., “Blockchain et régulation, vaste programme!”, 2018, disponible en <https://www.village-justice.com/articles/blockchain-regulation-vaste-programme,27159.html> (última consulta el 25.04.2019).
- DRISCOLL, K., HALL, B., SIVENCROAN, H., ZUMSTEG, P., “Byzantine Fault Tolerance, from Theory to Reality” en S. ANDERSON, M. FELICI, B. LITTLEWOOD, B. (eds.) *Computer Safety, Reliability, and Security. SAFECOMP 2003. Lecture Notes in Computer Science, Vol 2788*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 235-248.
- DUARTE, P., “Obrigações de dinheiro (obrigações monetárias) e obrigações de bitcoins” *Estudos de Direito do Consumidor* [Centro de Direito do Consumo de la Faculdade de Direito de la Universidade de Coimbra], N 14, (2018) pp. 343-381.

- DUARTE, P., “Um depósito bancário não é um (contrato de) depósito: ou a desadequação da linguagem dos contratos reais à realidade do dinheiro bancário no actual sistema monetário”, *Estudos de Direito do Consumidor* [Centro de Direito do Consumo de la Faculdade de Direito de la Universidade de Coimbra], N 10, (2016), pp. 351-443.
- DUDDUKURU, R., “Permissioned vs Permissionless Blockchain: Why did Libra start with Permissioned?”, 2019, disponible en <https://medium.com/@raviduddukuru/permissioned-vs-permissionless-blockchain-why-did-libra-start-with-permissioned-93eeb971189b> (última consulta, el 18.06.2022).
- EBA, “Discussion Paper on the EBA’s approach to financial technology (fintech) (EBA/DP/2017/02)”, 2017, disponible en <https://eba.europa.eu/documents/10180/1919160/EBA+Discussion+Paper+on+Fintech+%28EBA-DP-2017-02%29.pdf> (última consulta el 29.07.2019).
- EBA, “EBA opinion on virtual currencies”, 2014, disponible en <https://eba.europa.eu/sites/default/documents/files/documents/10180/657547/81409b94-4222-45d7-ba3b-7deb5863ab57/EBA-Op-2014-08%20Opinion%20on%20Virtual%20Currencies.pdf?retry=1> (ultima consulta, el 13.05.2020).
- EBERS, M., “La utilización de agentes electrónicos inteligentes en el tráfico jurídico: ¿Necesitamos reglas especiales en el Derecho de la responsabilidad civil?”, *InDret: Revista para el Análisis del Derecho*, Vol. 16, N 3, (2016).
- ECB Crypto-Assets Task Force, “Crypto-Assets: Implications for financial stability, monetary policy, and payments and market infrastructures”, *Occasional Paper Series*, N 223, (2019).
- ECB Crypto-Assets Task Force, “Stablecoins: Implications for monetary policy, financial stability, market infrastructure and payments, and banking supervision in the euro area”, *Occasional Paper Series*, N 247, (2020).
- EGEA PÉREZ-CARASA, I., “Tratamiento contable de las criptodivisas y su impacto en el impuesto sobre sociedades”, *Cuadernos de Derecho y Comercio*, N 74, (2020), pp. 89-158.
- EHRSAM, F., “Blockchain Governance: Programming Our Future”, 2017, disponible en <https://medium.com/@FEhrsam/blockchain-governance-programming-our-future-c3bfe30f2d74> (última consulta el 14.02.2020).
- El Confidencial, “Represión financiera en acción: un depósito al 0,6% con IPC al 5% basta para romper el mercado”, 2021, disponible en https://www.elconfidencial.com/mercados/2021-11-17/represion-financiera-ahorro-depositos-inflacion-ipc_3325309/ (última consulta, el 22.06.22).
- ELLIOTT, L., “Central Banks have *King Canute* theory of inflation, says Mervyn King”, 2021, disponible en <https://www.theguardian.com/business/2021/nov/23/central-banks-have-king-canute-theory-of-inflation-says-former-governor> (última consulta, el 02.06.2022).
- ERCILLA GARCÍA, J.A., “Aproximación a una personalidad jurídica específica para los robots”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 47, (2018).
- ESMA, “Advice Initial Coin Offerings and Crypto-Assets”, 2019, disponible en https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/esma50-157-1391_crypto_advice.pdf (última consulta el 25.01.2020).
- ESMA, “Report. The Distributed Ledger Technology Applied to Securities Markets”, 2017, disponible en https://www.esma.europa.eu/sites/default/files/library/dlt_report_-_esma50-1121423017-285.pdf (ultima consulta el 29.05.2020).
- ESPAÑA CONTRERAS, A., “Bitcoin, qué es y qué no es. Primera aproximación (I)”, disponible en https://blogs.elconfidencial.com/economia/monetae-mutatione/2018-01-03/bitcoin-aproximacion_1500443/ (última consulta el 22.05.2019).
- Ethereum Classic, “Code is law and the quest for justice”, 2016, disponible en <https://ethereumclassic.github.io/blog/2016-09-09-code-is-law/> (última consulta el 06.10.2021).
- Ethereum, “Monetary Policy”, disponible en <https://docs.ethhub.io/ethereum-basics/monetary->

policy/#:~:text=Ethereum's%20Monetary%20Policy%20is%20defined,fees)%20being%20rewarded%20to%20miners. (última consulta, el 08.06.2022).

- EtherWorld, “Concept of Merkle Tree in Ethereum”, disponible en <https://etherworld.co/2017/02/14/concept-of-merkle-tree-in-ethereum/> (última consulta 26.03.2019).
- FARHI, E., GOURINCHAS, P.O., REY, H., *Reforming the International Monetary System*, Centre for Economic Policy Research, Londres, 2011.
- FCA, “Cryptoassets Taskforce: final report”, disponible en <https://www.gov.uk/government/publications/cryptoassets-taskforce> (última consulta el 15.05.2019).
- FCA, “Discussion Paper on distributed ledger technology”, *Discussion Paper*, N DP17/3, (2017).
- Federal Reserve Bank of Chicago, *Modern Money Mechanichs. A workbook on bank reserves and money expansión*, Public Information Center, Chicago, 1994.
- FELICITAS MUÑOZ PÉREZ, A., “Criptoactivo, oferta y admisión a negociación” en A. MADRID PARRA, C. PASTOR SEMPERE (Dirs.), M.J. BLANCO SÁNCHEZ y A. CEDIEL (Coords.), *Guía de criptoactivos MICA*, Aranzadi, 2021, pp. 63-84.
- FERNÁNDEZ BURGUEÑO, P., “Firma electrónica”, en A. PORTO CORTÉS (Coord.) *Manual de Derecho de Consumo*, Lex Nova, Madrid, 2013, pp. 175-222.
- FERNÁNDEZ DE LIS, S., “¿Necesitamos un euro digital?, disponible en <https://www.bbva.com/es/opinion/necesitamos-un-euro-digital/> (última consulta, el 02.07.2022).
- FERNÁNDEZ DE LIS, S., “Retail Central Bank Digital Currencies: means of payment vs store of value”, *SUERF Policy Note*, N 183, (2020).
- FERNÁNDEZ DÍAZ, E., “Desbandada: Mastercard y Visa Abandonan a Facebook antes del lanzamiento de Libra”, 2019, disponible en <https://www.elmundo.es/economia/empresas/2019/10/12/5da20129fdddf58e8b4601.html> (última consulta el 09.03.2020).
- FERNÁNDEZ TORRES, I. “La reestructuración de las Entidades de crédito” en I. FERNÁNDEZ TORRES y J.C. TEJEDOR BIELSA (coords.), *La reforma bancaria en la Unión Europea y España. El modelo de regulación surgido de la crisis*, Civitas, Madrid, 2014, pp. 301-340.
- FERNÁNDEZ TORRES, I. “Regtech en el sector financiero: una aproximación preliminar” en A. F. MUÑOZ PEREZ (Dir.), *Revolución digital, Derecho mercantil y Token economía*, Tecnos, Madrid, 2019, pp. 561-580.
- FERNÁNDEZ TORRES, I., CARABELLESE, P.d.G., “The resolution tools: a legal análisis and an empirical investigation”, en A. RUIZ OJEDA y J.M. LÓPEZ JIMÉNEZ (Dirs.) *Estudios sobre resolución bancaria*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 845-900.
- FERNÁNDEZ-VILLASVERDE, J., SANCHES, D. R., “Can Currency Competition Work?” *Journal of Monetary Economics*, Vol. 106, (2019).
- FERRERAS GARUCHO, D., “Narrow banking: análisis y crítica de una propuesta radical para resolver la inestabilidad financiera”, 2019, disponible en <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/28607/TFG%20-%20Ferrer%20Garrucho%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (última consulta, el 24.06.2022).
- Financial Conduct Authority, “Guidance on Cryptoassets”, 2019, disponible en <https://www.fca.org.uk/publication/policy/ps19-22.pdf> (última consulta el 01.03.2021).
- FINCK, M., “Blockchain and the General Data Protection Regulation”, 2019, disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/634445/EPRS_STU\(2019\)634445_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2019/634445/EPRS_STU(2019)634445_EN.pdf) (última consulta el 14.02.2022).
- FINCK, M., “Blockchains and Data Protection in the European Union”, *European Data Protection Law Review*, Vol. 4, N 1, (2018), pp. 17-35.
- FINCK, M., “Smart Contracts as a form of Solely Automated Processing under the GDPR”, *International Data Privacy Law*, Vol. 9, N 2, (2019), pp. 78-94.

- FINMA, “Finma publishes ICO guidelines”, 2018, disponible en <https://www.finma.ch/en/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/> (última consulta el 04.02.2022).
- FINMA, “Guidelines for enquiries regarding the regulatory framework for initial coin offerings (ICOs)”, 2018, disponible en <https://www.finma.ch/en/news/2018/02/20180216-mm-ico-wegleitung/> (última consulta 03.04.2019).
- FINMA, “Virtual currencies”, 2019, disponible en <https://www.finma.ch/en/documentation/finma-publications/fact-sheets/> (última consulta el 14.04.2019).
- FISCHER, I., *The Purchasing Power of Money*, Macmillan, Nueva York, 1920.
- Forbes, “Así es como Tesla aceptaría comprar vehículos con Bitcoin”, 2021, disponible en <https://forbes.co/2021/02/09/economia-y-finanzas/asi-es-como-tesla-aceptaria-comprar-vehiculos-con-bitcoin/> (última consulta el 06.10.2021).
- Forbes, “Federal Reserve Reveals Research Plans For Digital Dollar”, 2020, disponible en <https://www.forbes.com/sites/jasonbrett/2020/08/13/federal-reserve-reveals-research-plans-for-digital-dollar/?sh=183a2ad65946> (última consulta, el 28.06.2022).
- FOZ GIRALT, X., “Criptomonedas o criptoactivos distribuidos nativos. Monedas estables y criptomonedas de curso legal. Tokens sobre derechos preexistentes: ICOs (*Initial Coin Offerings*) y STOs (*Security Token Offerings*). NFT (*Non-Fungible Tokens*)”, en M. CUENA CASAS Y J. IBÁÑEZ JIMÉNEZ, *Perspectiva legal y económica del fenómeno FinTech*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 145-164.
- FRANCO, P., *Understanding Bitcoin: Cryptography, Engineering and Economics*, John Wiley & Sons, Incorporated, Nueva Jersey, 2015.
- FREIXAS, X., ROCHET, J.C., *Microeconomics of banking*, Massachussets Institute of Technology, Cambridge, 1999.
- FRIEDMAN, M., SCHWARTZ, A. J., “Has Government Any Role in Money?” en A.J. SCHWARTZ (Dir.), *Money in Historical Perspective*, National Bureau of Economic Research Books, Cambridge, 1987, pp. 37-62.
- FSB, “Assessment of Risks to Financial Stability from Crypto-assets”, 2020, disponible en <https://www.fsb.org/2022/02/assessment-of-risks-to-financial-stability-from-crypto-assets/> (última consulta, el 11.06.2022).
- FSB, “Enhancing Cross-border Payments Stage 1 report to the G20”, 2020, p. 1, disponible en <https://www.fsb.org/wp-content/uploads/P090420-1.pdf> (última consulta, el 13.06.2022).
- FSB, “Shadow Banking: Scoping the Issues. A Background Note of the Financial Stability Board”, p. 2., disponible en http://www.fsb.org/wp-content/uploads/r_110412a.pdf (última consulta el 21.09.2020).
- G7 Working Group on Stablecoins, “Investigating the impact of global stablecoins”, *Committee on Payments and Market Infrastructure Papers*, N 187, (2019).
- GALACHO ABOLAFIO, A.F., “Crowdfunding y shadow banking: plataformas de financiación participativa (PFPS) y la protección de los inversores”, *Revista de Derecho Bancario y Bursátil*, N 145, (2017), pp. 173-203.
- GALLEGO CÓRCOLES, I., “Contratación pública e innovación tecnológica”, *Revista Española de Derecho Administrativo*, N 184, (2017), pp. 193-219.
- GÁLLEGO LANAU, M., “La aplicación de la tecnología de registro distribuido en la Junta General. Una primera aproximación”, *Revista de Derecho de Sociedades*, N 57, (2019).
- GARCÍA DE ENTERRÍA Y MARTÍNEZ-CARANDE, E., FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, T.R., *Curso de Derecho Administrativo I*, Civitas, Madrid, 2011.
- GARCÍA DEL POYO VIZCAYA, R., “Algunos casos de uso” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.), *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 79-96.
- GARCÍA MELIÁN, J.C., “Blockchain y smart contract para la transparencia y la confidencialidad de los contratos públicos”, *Actualidad administrativa*, N Extra-1, (2019).

- GARCÍA RODRÍGUEZ, A., “Initial Coin Offerings. El nuevo método de financiación nacido de la globalización y la revolución tecnológica”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 21, (2017).
- GARCÍA TORTOSA, F., “Una tecnología para facilitar los procesos de participación, cooperación y transparencia en el sector público”, en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 339-359.
- GARIMELLA, K.K., “Implications of the Delaware Blockchain Amendments”, 2019, disponible en <https://www.linkedin.com/pulse/implications-delaware-blockchain-amendments-kiran-k-garimella/> (última consulta el 08.02.2021).
- GERDES, W.D., *The basics of foreign exchange markets*, Business Expert Press, Nueva York, 2015.
- GERVAIS, A., “Scalability, interoperability and sustainability of blockchain”, 2019, disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/reports> (última consulta 28/03/2019).
- GIACOMINI, D., *Papel pintado*, Galerna, Buenos Aires, 2020.
- GIL RODRÍGUEZ, J., *Artículo 333*, en A. CAÑIZARES LASO, P. DE PABLO CONTRERAS, F.J. ORDUÑA MORENO, R. VALPUESTA FERNÁNDEZ (Dir.), *Código Civil Comentado Volumen I*, Civitas, Madrid, 2016, pp. 1353-1360.
- GLEESON, S., *The legal concept of money*, Oxford University Press, Oxford, 2018.
- GOMÁ LANZÓN, I., ¿Se puede constituir una sociedad con bitcoins?, 2014, disponible en <https://www.notariosyregistradores.com/doctrina/ARTICULOS/2014-sociedad-bitcoins.html> (última consulta el 07.12.2019).
- GONZÁLEZ DEL CASTILLO, E.N., “El futuro reglamento europeo para un mercado de criptoactivos (Propuesta MICA)”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 117-133.
- GONZALEZ OTERO, B., “Evaluating the EC Private Data Sharing Principles. Setting a Mantra for Artificial Intelligence Nirvana?”, *Journal of Intellectual Property, Information Technology and Electronic Commerce Law*, N 10, (2019), pp. 66-84.
- GONZÁLEZ OTERO, *Interoperabilidad, internet de las cosas y derechos de autor*, Reus, Madrid, 2019.
- GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, M., “Blockchain 2.0, o sobre los límites de la autosuficiencia tecnológica”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 541-557.
- GONZÁLEZ-MENESES GARCÍA VALDECASAS, M., *Entender Blockchain. Una introducción a la tecnología de registro distribuido*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017.
- GORJÓN RIVAS, S., “El papel de los criptoactivos como moneda de curso legal: el ejemplo de el salvador”, *Boletín Económico. Artículos Analíticos*, N 4, (2021).
- GORTON, G. B., ZHANG, J.Y., “Taming Wildcat Stablecoins”, 2021, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3888752 (última consulta, el 24.07.2022).
- GRACIA ESPINAR, E., VIÑAS RUEDA L., “Fiscalidad y Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 279-313.
- GREENE, J.E., ISARD, P., “Currency convertibility and the transformation of centrally planned economies”, *Occasional Paper*, N 81, (1991).
- GREENSPAN, G., “The Blockchain immutability Myth”, 2017, disponible en <https://www.coindesk.com/blockchain-immutability-myth> (última consulta el 14.01.2020).
- GRIGG, I., “EOS-An Introduction”, disponible en https://iang.org/papers/EOS_An_Introduction.pdf (última consulta el 18.01.2021).
- GROS, D., CAPOLONGO, A., “The Two-pillar Strategy of the ECB: Ready for a Review”, 2019, disponible en https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/190500/PE%20642.362%20CEPS%20final_publication%20vs2-original.pdf (última consulta, el 04.06.2022).

- GUPTA, S., LAUPPE, P., RAVISHANKAR, S., “Fedcoin. A Blockchain-Backed Central Bank Cryptocurrency”, 2017, disponible en https://law.yale.edu/sites/default/files/area/center/global/document/411_final_paper_-_fedcoin.pdf (última consulta el 25.06.2020).
- GURREA MARTÍNEZ, A., REMOLINA LEÓN, N., “Problemática jurídica, financiera y contable de las Ofertas Iniciales de Moneda”, en A. Gurrea Martínez y N. Remolina León, *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 275-321.
- HAYEK, F.A., *Denationalisation of money: the argument refined*, The Institute of Economic Affairs, Londres, 1990.
- HERBENER, J., “A critique of monetarism”, 2017, disponible en <https://austrianstudentconference.com/wp-content/uploads/2018/02/ASSC-2018-Place-Jackson.pdf> (última consulta, el 11.07.2022).
- HERENCIA ANTÓN, J., “Fundamentos tecnológicos de los criptoactivos” en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 63-77.
- HERMANS, L., IANIRO, A., KOCHANSKA, U., TÖRMÄLEHTO, V.M., VAN DER KRAAIJ, A., VENDRELL SIMON, J., “Decrypting financial stability risks in crypto-asset markets”, *Financial Stability Review*, mayo de 2022, (2022), pp. 113-123.
- HERNÁEZ ESTEBAN, E., “Inteligencia artificial y vehículos autónomos: el régimen de la responsabilidad civil ante los nuevos retos tecnológicos”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 49, (2019).
- HERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, F., “Hacia una moneda digital europea. El euro 2.0”, *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, N 70, (2021), pp. 1006-1033.
- HERRERA HERRERA, F., “Contratos inteligentes en el Internet de las Cosas: aspectos legales”, *Actualidad Civil*, N 6, (2019).
- HOFFMANN, J., GONZÁLEZ OTERO, B., “Demystifying the role of data interoperability in the access and sharing debate”, *Max Planck Institute for Innovation and Competition Research Paper*, N 20-16, (2020).
- Hong Kong Monetary Authority, “e-HKD: A technical perspective”, disponible en https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-functions/financial-infrastructure/e-HKD_A_technical_perspective.pdf (última consulta, el 24.06.2022).
- HUERGO LORA, A., “Administraciones públicas e inteligencia artificial: ¿más o menos discrecionalidad?”, *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, N 96-97, (2021), pp. 78-95.
- HUERGO LORA, A., “Un “Espacio controlado de pruebas” (*Regulatory Sandbox*) para las empresas financieras tecnológicamente innovadoras: el “Anteproyecto de Ley de Medidas para la transformación digital del sistema financiero”, *El Cronista del Estado Social y Democrático de Derecho*, N 76, (2018), pp. 48-59.
- HUERGO LORA, A., “Una aproximación a los algoritmos desde el Derecho administrativo”, en A. HUERGO LORA (Dir.) y G.M DÍAZ GONZÁLEZ, *La regulación de los algoritmos*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 23-87.
- HUERTA DE SOTO, J., “Reseña del libro Adiós a los bancos. Una visión distinta del dinero y la banca”, *Procesos de Mercado: Revista Europea de Economía Política*, Vol. 17, N 2, (2020), pp. 487-490.
- HUERTA DE SOTO, J., *Dinero, crédito bancario y ciclos económicos*, Unión Editorial, Madrid, 1998.
- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J., *Tokens valor (Security Tokens)*, Reus, Madrid 2020.
- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J., *Tokens valor (security tokens). Régimen y técnica de los criptoactivos negociables y sus mercados (MICAs)*, Reus, Madrid, 2021.
- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., “Tecnología Blockchain en las administraciones públicas: aplicación y cuestiones legales”, *Actualidad administrativa*, N 7-8, (2019).
- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., *Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español*, Dykinson, Madrid, 2018.

- IBÁÑEZ JIMÉNEZ, J.W., *Derecho de Blockchain y de la tecnología de registro distribuido*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018.
- Iberclear, “BME, BBVA y BID realizan la primera emisión de un bono regulado registrado con blockchain en España”, 2022, disponible en https://www.iberclear.es/esp/Prensa/Nota-Prensa/20220726/nota_20220726_3/BME_BBVA_y_BID_realizan_la_primera_emision_de_un_bono_regulado_registrado_con_blockchain_en_Espana (última consulta, el 29.08.2022).
- IGWE, I.O.C., “History of the International Economy: The Bretton Woods System and its Impact on the Economic Development of Developing Countries”, *Athens Journal of Law*, Vol. 4, N 2, (2018), pp. 105-126.
- IMF warns Russia sanctions threaten to chip away at dollar dominance – FT” disponible en <https://www.reuters.com/business/imf-warns-russia-sanctions-threaten-chip-away-dollar-dominance-ft-2022-03-31/> (última consulta, el 16.06.2022).
- IOSCO, “Issues, Risks and Regulatory Considerations Relating to Crypto-Asset Trading Platforms”, 2019, disponible en <https://www.iosco.org/library/pubdocs/pdf/IOSCOPD627.pdf> (última consulta el 16.09.2019).
- IOTA Foundation, “IOTA post-coordinator. Chapter 2”, disponible en <https://coorcidice.iota.org/post-coordinator> (última consulta el 30.06.2020)
- IOTA Foundation, “IOTA post-coordinator. Module 4.1.”, disponible en <https://coorcidice.iota.org/module4.1> (última consulta el 30.06.2020).
- ISSING, O., “Encompassing monetary policy strategy review”, *SAFE White Paper*, N 68, (2020).
- ISSING, O., “Hayek - currency competition and European Monetary Union”, 1999, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/1999/html/sp990527.en.html> (última consulta el 22.05.2019).
- ISSING, O., “The monetary pillar of the ECB”, 2005, disponible en <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2005/html/sp050603.en.html> (última consulta, el 04.06.2022).
- JEFFRIES, A., “Blockchain laws tend to be hasty, unnecessary, and extremely thirsty”, 2018, disponible en <https://www.theverge.com/2018/3/29/17176596/blockchain-bitcoin-cryptocurrency-state-law-legislation> (última consulta 15.05.2019).
- JIMÉNEZ NAHARRO, F., DE LA TORRE GALLEGOS, A., *Valoración de empresas y análisis bursátil*, Ediciones Pirámide, Madrid, 2017.
- KAAL, W.A., “Blockchain based corporate governance”, *University of ST. Thomas (Minnesota) Legal Studies Research Paper*, N 19-10, (2019).
- KAHN, C.M., “el Reto de Regular las entidades de pago no bancarias: la Respuesta de la Directiva PSD2” *Papeles de Economía Española*, N 149, (2016), pp. 21-26.
- KAKAVAND, H., KOST DE SEVRES, N., y CHILTON, B., “The Blockchain Revolution: An Analysis of Regulation and Technology Related to Distributed Ledger Technologies”, 2017, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2849251 (última consulta el 29.07.2019).
- KEYNES, J.M., “Proposals for an International Clearing Union”, en J.K. HORSEFIELD (Ed.), *The International Monetary Fund 1945-1965*, The International Monetary Fund, Washington, 1969, pp. 3-36.
- KEYNES, J.M., *The general theory of employment, interest and money*, Cambridge University Press, Cambridge, 2013.
- KHATWANI, S. “How Much Bitcoin Transaction Fees Should You Pay For Confirmed Transaction?”, 2018, disponible en <https://coinsutra.com/bitcoin-transaction-fees/> (última consulta del 21/03/2019).
- KING, M., “Monetary Policy: practice ahead of Theory”, 2005, disponible en <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/speech/2005/monetary-policy-practice-ahead-of-theory> (última consulta, el 03.06.2022).

- KING, M., “Monetary Policy: Theory in Practice”, 2000, disponible en http://web.stanford.edu/~johntayl/2000_pdfs/Monetary_Policy_Theory_in_Practice_Mervyn_King_Jan-2000.pdf (última consulta, el 03.06.2022).
- KLIESEN, K.L. “Is the Fed Following a “Modernized” Version of the Taylor Rule? Part 2,” *Economic Synopses*, N 3, (2019).
- KOLBER, A. J., “Not-So-Smart Blockchain Contracts and Artificial Responsibility”, *Stanford Technology Law Review*, Vol. 21, N 2, (2018), pp. 198-234.
- KONING, J.P. “The dollarization of bitcoin”, 2015, disponible en <http://jpkoning.blogspot.com/2015/06/the-dollarization-of-bitcoin.html> (última consulta, el 13.06.2022).
- KRAWISZ, D., “The Problem with Altcoins”, 2013, disponible en <https://nakamotoinstitute.org/mempool/the-problem-with-altcoins/> (última consulta, el 07.06.2022).
- KROLL, J.A., DAVEY, I.C., FELTEN, E.W. “The Economics of Bitcoin Mining, or Bitcoin in the Presence of Adversaries”, 2013, disponible en <https://econinfosec.org/archive/weis2013/papers/KrollDaveyFeltenWEIS2013.pdf> (última consulta el 02.02.2022).
- KROSZNER, R., “Free Banking: the Scottish Experience as a Model for Emerging Economies”, *World Bank Group Policy Research Working Paper*, N 1536, (1995).
- KUMHOF, M., ALLEN, J., BATEMAN, W., LASTRA, R.M., GLEESON, S., OMAROVA, S., “Central Bank Money: Liability, Asset, or Equity of the Nation?”, *Cornell Law School Research Paper*, N 20-46, (2020).
- KUMHOF, M., NOONE, C., “Central bank digital currencies —design principles and balance sheet implications”, *Bank of England Staff Working Paper*, N 725, (2018).
- LACALLE FERNÁNDEZ, D., *La gran trampa*, Deusto, Barcelona, 2017.
- LAFARRE, A., VAN DER ELST, C., “Blockchain Technology for Corporate Governance and Shareholder Activism”, *Tilburg Law School Legal Studies Research Paper*, N 7, (2018).
- LAGUNA DE PAZ, J.C., “Regulación, externalización de actividades administrativas y autorregulación”, *Revista de Administración Pública*, N 185, (2011), pp. 89-112.
- LEGERÉN MOLINA, A., “Smart contracts que se ejecutan en «blockchain»”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 281-325.
- LEGERÉN-MOLINA, A., “Los contratos inteligentes en España. La disciplina de los smart contracts”, *Revista de Derecho Civil*, Vol. 5, N 2, (2018), pp. 193-241.
- LEHMANN, M., “Who owns Bitcoin? Private law facing the Blockchain”, *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, Vol. 21, N 1, (2020), pp. 93-136.
- LEVENSTEIN, M.C., SUSLOW, V.Y., “What Determines Cartel Success?” *Journal of Economic Literature*, Vol. 44, N 1, (2006), pp. 43-95.
- LIANOS, I., “Blockchain Competition Gaining Competitive Advantage in the Digital Economy: Competition Law Implications”, *Centre for Law, Economics and Society Research Paper Series*, N 8, (2018).
- LIU, B., SZALACHOWSKI, P., ZHOU, J., “A First Look into DeFi Oracles”, disponible en <https://arxiv.org/pdf/2005.04377.pdf> (última consulta el 25.02.2021).
- LLOPIS BENLLOCH, J.C., FERNÁNDEZ-BRAVO FRANCÉS, L., “Blockchain y el sistema de seguridad jurídica preventiva desde la perspectiva de la contratación notarial”, en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, 2020, pp. 509-541.
- LLOPIS VAÑÓ, F., “Nuevos modelos de negocio en Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPÈRE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, empresariales y legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 245-268.
- LLOPIS VAÑÓ, F., “Nuevos modelos de negocio en Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPÈRE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, empresariales y legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 245-268.

- LONG, C., “Ten Stablecoin Predictions and Their Monetary Policy Implications”, *Cato Journal*, Vol. 41, N 2, (2021), pp. 307-319.
- LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., “El marco de actuación de las entidades de crédito”, en A.B. CAMPUZANO LAGUILLO, F., CONLLEDO LANTERO Y R.J. PALOMO ZURDO (Dirs.), *Los mercados financieros*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2017, pp. 215-251.
- LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., *Banca digital y “Fintech”: Aspectos prácticos de protección de los derechos de los usuarios*, Aferré, Barcelona, 2019.
- LÓPEZ JIMÉNEZ, J.M., “Monedas virtuales y prevención del blanqueo de capitales”, 2017, disponible en <http://todosonfinanzas.com/monedas-virtuales-y-prevencion-del-blanqueo-de-capitales/> (última consulta el 04.06.2019).
- LÓPEZ JURADO, C., “La controversia entre la Unión Europea y Estados Unidos relativa a la Ley Helms-Burton”, *Revista de Derecho Comunitario Europeo*, N 2, (1997), pp. 581-595.
- LUCAS, R.E., “Monetary neutrality”, *Journal of Political Economy*, Vol. 104, N 4, (1996), pp. 661-682.
- LUTHER, W.J. “Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Cost”, *Mercatus Center Working Paper*, N 13-17, (2018).
- LUTHER, W.J., “Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Costs” *Contemporary Economic Policy*, Vol. 34, N 3, (2016), pp. 553-571
- LYONS, T., COURCELAS, L., TIMSIT, K., “Blockchain and the GDPR”, 2018, disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/reports> (última consulta 30/03/2019).
- LYONS, T., COURCELAS, L., TIMSIT, K., “Blockchain for Government and Public Services”, 2018, disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/eu_observatory_blockchain_in_government_services_v1_2018-12-07.pdf (última consulta 25.03.2020).
- MAAS, T., “Initial coin offerings: when are tokens securities in the EU and US?”, 2019, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3337514&download=yes (última consulta, el 16.09.2019).
- MADEIRA, A., “The Dao, the Hack, the Soft Fork and the Hard Fork”, 2019, disponible en <https://www.cryptocompare.com/coins/guides/the-dao-the-hack-the-soft-fork-and-the-hard-fork/> (última consulta el 18.08.2019).
- MADRID PARRA, A., “Dinero electrónico revisitado”, *Revista de Derecho Bancario y Bursátil*, N 151, (2018), pp. 9-60.
- MADRID PARRA, A., “Smart contracts-Fintech: reflexiones para el debate jurídico”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 52, (2020).
- MakerDAO, “The Maker Protocol: MakerDAO’s Multi-Collateral Dai (MCD) System”, disponible en White Paper -The Maker Protocol_ MakerDAO’s Multi-Collateral Dai (MCD) System-FINAL- 021720.pdf (última consulta 06/03/2020).
- MALLOY, M., LOWE, D., “Global Stablecoins: Monetary Policy Implementation Considerations from the U.S. Perspective”, *Finance and Economics Discussion Series*, N 20, (2021).
- MARKOU, C., DEAKIN, S., “Ex Machina Lex: The Limits of Legal Computability”, 2019, pp. 24-29, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3407856 (última consulta 08.07.2019).
- MARTÍN DELGADO, I., “Naturaleza, concepto y régimen jurídico de la actuación administrativa automatizada”, *Revista de Administración Pública*, N 180, (2009), pp. 353-386.
- MARTÍN MATEO, R. *Administración monetaria*, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid, 1968.
- MARTÍNEZ LAFUENTE, A., “Las sociedades civiles con objeto mercantil y su consideración como sujetos pasivos por el Impuesto sobre Sociedades, con especial referencia a las oficinas de farmacia” *Carta Tributaria. Revista de Opinión*, N 5-6, (2015), pp. 58-66.

- MARTÍNEZ LÓPEZ, M.J., “Reglamento (UE) 2017/1129, sobre folleto de oferta pública y admisión de valores: ¿un ejemplo del carácter “procíclico” de la política legislativa en el mercado financiero?”, disponible en <https://maabogados.com/wp-content/uploads/2018/07/articulo-manuel-martinez.pdf> (última consulta el 10.09.2019).
- MARTÍNEZ NADAL, A., “La admisibilidad jurídica del pagaré electrónico en el Derecho español”, *Diario La Ley*, N 7461, (2010).
- MARTINO, P., *Blockchain and banking. How technological innovations are shaping the banking industry*, Palgrave Macmillan, Cham, 2021.
- MAUME, P., FROMBERGER, M., “Regulation of Initial Coin Offerings: Reconciling U.S. and E.U. Securities Laws”, *Chicago Journal of International Law*, Vol. 19, N 2, (2018), pp. 548-585.
- MAZONKA, O., “Blockchain: simple explanation”, 2016, disponible en https://www.researchgate.net/publication/311572122_What_is_Blockchain_a_Gentle_Introduction (última consulta el 05.10.2021).
- MCCLARKIN, E., BUŞOI, C.S., GOMES, A., “Report on Blockchain: a forward-looking trade policy”, 2018, disponible en http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0407_EN.pdf (última consulta el 02.11.2019).
- MCCULLEY, P.A., “Statement of Paul A. McCulley Managing Director, PIMCO Before the Financial Crisis Inquiry Commission May 6, 2010”, disponible en https://fcic-static.law.stanford.edu/cdn_media/fcic-testimony/2010-0506-McCulley.pdf (última consulta el 23.11.2020).
- MCLEAY, M. RADIA, A., THOMAS, R., “Money creation in the modern economy”, *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q1, (2014), pp. 14-27.
- MEHAR, M. I, SHIER, C., GIAMBATTISTA, A., GONG, E., FLETCHER, G., SANAYHIE, R., KIM., H.M., LASKOWSKI, M., “Understanding a Revolutionary and Flawed Grand Experiment in Blockchain: The DAO Attack”, *Journal of Cases on Information Technology*, Vol. 21, N 1, (2019), pp. 19-32.
- MÉNDEZ GONZÁLEZ, “Smart Contracts, Blockchain and Land Registry”, 2018, disponible en <https://www.elra.eu/wp-content/uploads/2018/12/Smart-Contracts-Blockchain-and-Land-Registry-by-F-Mendez.pdf> (última consulta el 31.08.2020).
- MENDOZA, I., BYGRAVE, “The right not to be subject to automated decisions based on profiling”, *University of Oslo Faculty of Law Legal Studies Research Paper Series*, N 20, (2017).
- MENÉNDEZ ARIAS, M., RODRÍGUEZ GARCÍA, T., ALCAIDE SOLER, F., “Blockchain y Derecho Societario” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 489-534.
- MENDER, C., “El origen del dinero”, disponible en <https://www.eumed.net/cursecon/textos/Menger-origen-dinero.pdf> (última consulta, el 14.05.2022).
- MERCHÁN MURILLO, A., *Firma electrónica: Funciones y Problemática (Especial referencia al Reglamento [UE] nº 910/2014, relativo a la identificación electrónica por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE de firma electrónica*, Aranzadi, Cizur Menor, 2016.
- MISES, L.V., *La Teoría del dinero y del crédito*, Unión Editorial, Madrid, 1997.
- MISHKIN, F.S., “The international lender of last resort: what are the issues?”, 2020, disponible en <https://www0.gsb.columbia.edu/faculty/fmishkin/PDFpapers/00KIEL.pdf> (última consulta, el 17.06.2022).
- MISHKIN, F.S., *The Economics of Money, Banking, and Financial Markets*, Pearson, Harlow, 2019.
- MITRE ABUHAYAR, C., ALONSO ALLENDE, J., ESCAURIAZA CASTELLANOS, M., GONZÁLEZ ARIAS, J., MARQUES, R., MORENO GARCÍA, F.J., “Descifrando la blockchain”, *Nuevas Tendencias*, N 100, (2018), p. 33-38.
- MONTERO PASCUAL, J.J., FINGER, M., “La regulación de las plataformas digitales como industrias en red”, *Revista General de Derecho de los Sectores Regulados*, N 9, (2022).

- MONTERO PASCUAL, J.J., FINGER, M., *La regulación de las nuevas industrias en red*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2021.
- MOODY, G., “Should Software Developers Be Liable for their Code?”, 2009, disponible en <https://www.linuxjournal.com/content/should-software-developers-be-liable-their-code> (última consulta el 14.05.2019).
- MORALES BARROSO, J., “¿Qué es Blockchain?”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 39-74.
- MÜNCHAU, W., “Le bitcoin - C’est une monnaie”, 2021, disponible en <https://www.eurointelligence.com/column/bitcoin> (última consulta el 16.02.2021).
- MUNDELL, R.A., “A theory of optimum currency areas”, *The American Economic Review*, Vol. 51, N 4, (1961), pp. 657-665.
- MUÑOZ GARCÍA, A., “Hacia un euro digital”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 149-166.
- MUÑOZ GARCÍA, A., “Hacia un euro digital”, en M. BARRIO ANDRÉS (Dir.) *Criptoactivos. Retos y desafíos normativos*, La Ley, Madrid, 2021, pp. 149-166.
- MURPHY, H., STACEY, K., “Facebook Libra: the inside story of how the cryptocurrency dream died”, 2020, disponible en <https://www.swissinfo.ch/eng/facebook-libra--the-inside-story-of-how-the-cryptocurrency-dream-died/47433038> (última consulta, el 10.06.2022).
- NAKAMOTO, S., “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, disponible en <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (última consulta el 03.02.2022).
- NAVARRO DE ANDRÉS, S., “Contratos inteligentes. En especial, su implantación práctica en negocios Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 317-361.
- NAVARRO LÉRIDA, Mª S., “Gobierno corporativo, blockchain y smart contracts. Digitalización de las empresas y nuevos modelos descentralizados (DAOS)”, *Revista de Derecho del Mercado de Valores*, N 23, (2018).
- NUÑEZ ZORRILLA, M.C., “Los nuevos retos de la Unión Europea en la regulación de la responsabilidad civil por los daños causados por la inteligencia artificial”, *Revista Española de Derecho Europeo*, N 66, (2018), pp. 9-53.
- OECD, *Technologies for Better Tax Administration: A Practical Guide for Revenue Bodies*, OECD Publishing, Paris, 2016.
- OFIR, M., SADEH, I., “ICO vs IPO: Empirical Findings, Information Asymmetry and the Appropriate Regulatory Framework”, *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, Vol. 53, N 2, (2020), pp. 525-613.
- OLIVA LEÓN, R., “Transformación digital y tecnológica de la justicia”, en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dirs.), *Fintech, Regtech y legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 441-496.
- OLIVEIRA PAÍS, S., “Hub-and-Spoke Agreements and Tacit Collusion: Recent National Decisions and the Competition Market Authority Paper on Algorithms, Competition, and Consumer Harm”, *Market and Competition Law Review*, Vol 5, N 1, (2021), p. 177.
- OROZCO PARDO, G., “Responsabilidad Civil en Materia de Informática”, *Informática y Derecho: Revista Iberoamericana de Derecho Informático*, N 19, (1998), pp. 143-220.
- ORTEGA GIMÉNEZ, A., *Smart Contracts y Derecho Internacional Privado*, Aranzadi, Cizur Menor, 2019.
- PAL, N., “Top Smart Contracts Platforms of 2022”, 2022, disponible en <https://www.cronj.com/blog/smart-contracts-platforms/> (última consulta, el 08.06.2022).
- PALOMO-ZURDO, R., “«Blockchain»: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa”, *Documentos de opinión (Instituto Español de Estudios Estratégicos)*, N 70, (2018)
- PANETTA, F., “21st century cash: Central banking, technological innovation and digital currencies”, *SUERF Policy Note*, N 40, (2018).
- PAREJO NAVAJAS, T., “Análisis de las figuras esenciales del régimen jurídico de la firma electrónica: la ley 59/2003, de 19 de diciembre de firma electrónica”, *Revista de la Contratación Electrónica*, N 70, (2006), pp. 3-32.

- Parlamento Europeo, “INFORME sobre la tecnología financiera (FinTech): influencia de la tecnología en el futuro del sector financiero (2016/2243(INI))”, 2017, disponible en <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A8-2017-0176+0+DOC+PDF+V0//ES> (última consulta el 18.09.2020).
- PARRONDO TORT, L., “Contabilización de las criptomonedas como medio de pago en la compraventa de bienes o servicios”, 2018, disponible en https://accid.org/wp-content/uploads/2018/10/Contabilizar__criptomonedas_-_com_fcformatv-1.pdf (última consulta, el 14.09.2020).
- PASTOR SEMPERE, C., “La seguridad del tráfico mercantil digital” en I. Sánchez Ruiz de Valdivia (Dir.), *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 359-417.
- PASTOR SEMPERE, M.C., “Criptomonedas y otras clases de tokens” en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 151-190.
- PAZ-ARES RODRÍGUEZ, C., “Las sociedades mercantiles” en A. MENÉNDEZ MENÉNDEZ y A. ROJO FERNÁNDEZ RÍO (Dirs.), *Lecciones de Derecho Mercantil vol. I*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017, pp. 359-374.
- PEDREIRA MENÉNDEZ, J., ÁLVAREZ PÉREZ, M.B., “Consideraciones sobre la tributación y la calificación contable de las operaciones con moneda digital (Bitcoins) en las empresas”, *Quincena Fiscal*, N 3, (2018), pp. 17-50.
- PEINADO GRACIA, J.I., BEDNARZ, Z., “Cuestionando las bondades de la «blockchain» en las juntas generales. ‘un martillo buscando un clavo’”, *Revista de Derecho de Sociedades* N 61, (2021).
- PEÑA GONZÁLEZ, F., “¿Son las criptomonedas otros medios de pago?”, disponible en <https://www.ga-p.com/wp-content/uploads/2019/02/Son-las-criptomonedas-otros-medios-de-pago.pdf>, (última consulta el 29.05.2019).
- PEREIRO CÁRCELES, M., “La utilización del blockchain en los procedimientos de concurrencia competitiva”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 50, (2019).
- PEREIRO CÁRCELES, M., “Usos de la tecnología Blockchain en la Administración Pública”, en B. PUENTES COCIÑA y A. QUINTIÁ PASTRANA (Coords.), *El Derecho ante la transformación digital, oportunidades, riesgos y garantías*, Atelier, Barcelona, 2019, pp. 141-154.
- PERETE RAMÍREZ, C., “Blockchain, privacidad y protección de datos de carácter personal”, en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 169-214.
- PÉREZ ASEÑO, E., SILOS RIBAS, M., “Credit easing: la política monetaria de la reserva federal durante la crisis financiera”, *Boletín Económico de ICE*, N 2995, (2010), pp. 11-24.
- PÉREZ LÓPEZ, X., “Las criptomonedas: consideraciones generales y empleo de las criptomonedas con fines de blanqueo” en D. FERNÁNDEZ BERMEJO (Dir.) *Blanqueo de Capitales y TIC: Marco Jurídico Nacional y Europeo, Modus Operandi y Criptomonedas Ciberlaundry. Informe de Situación*, Aranzadi, Cizur Menor, 2019, pp. 141-187.
- PERNEY, P., PICHON, Q., “Une introduction de la Blockchain en droit français: enjeux et limites”, 2018, disponible en <https://revuedesjuristesdesciencespo.com/?p=669> (última consulta el 25.05.19).
- PIKE, C., “Blockchain Technology and Competition Policy”, 2018, disponible en [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD\(2018\)47/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD(2018)47/en/pdf) (última consulta el 16.10.2019).
- POLAVIEJA, M., “¿Es bitcoin irremediabilmente volátil?”, 2021, disponible en <https://juandemariana.org/ijm-actualidad/analisis-diario/es-bitcoin-irremediabilmente-volatil/> (última consulta, el 15.06.2022).
- PONCE SOLÉ, J., “Inteligencia artificial, Derecho administrativo y reserva de humanidad: algoritmos y procedimiento administrativo debido tecnológico”, *Revista General de Derecho Administrativo*, N 50, (2019).

- POPOV, S., “The tangle”, 2018, disponible en https://assets.ctfassets.net/r1dr6vzfxhev/2t4uxvsIqk0EUau6g2sw0g/45eae33637ca92f85dd9f4a3a218e1ec/iota1_4_3.pdf (última consulta el 24.04.2019).
- PORRAS NADALES, A., *La acción de gobierno: gobernabilidad, gobernanza, gobermedia*, Editorial Trotta, Madrid, 2014.
- POZZI, S., “Donald Trump da oxígeno a la banca local al suavizar las reglas de la crisis”, 2018, disponible en https://elpais.com/economia/2018/06/01/actualidad/1527871597_844837.html. (última consulta el 04.10.2021).
- PRENAFETA RODRÍGUEZ, J., “Smart contracts: aproximación al concepto y problemática legal básica”, *Diario La Ley*, N 8824, (2016).
- PREUKSCHAT, A. “Consenso”, 2017, disponible en <https://librobblockchain.com/consenso/> (última consulta el 31.08.2020).
- PREUKSCHAT, A., “Self-Sovereign Identity — a guide to privacy for your digital identity with Blockchain”, 2018, disponible en <https://medium.com/@AlexPreukschat/self-sovereign-identity-a-guide-to-privacy-for-your-digital-identity-5b9e95677778> (última consulta el 14.11.2019).
- Pricewaterhousecoopers, “Ley10/2014, de26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito”, 2014, disponible en <https://www.pwc.es/es/financiero-seguros/assets/ley-10-2014-analisis-principales-aspectos-implicaciones.pdf> (última consulta el 21.07.2019).
- PwC, “El impacto regulatorio de la Propuesta MiCA”, 2021, disponible en <https://www.pwc.es/es/auditoria/newsletters/newsletter-criptoactivos-febrero-2022-pwc.pdf> (última consulta, el 09.06.2022).
- PwC, “The Swiss fintech licence”, 2020, disponible en https://www.pwc.ch/en/publications/2020/The%20swiss%20fintech%20license_EN_web.pdf (última consulta el 27.01.2021).
- QUINIOU, M., *Blockchain. The Advent of Desintermediation*, John Wiley & Sons, Nueva Jersey, 2019.
- QUINTAIS, J.P., BODÓ, B., GIANNOPOULOU, A., FERRARI, V., “Blockchain and the law: a critical evaluation”, *Stanford Journal of Blockchain Law & Policy*, Vol. 2, N 1, (2019), pp. 86-112.
- RADFORD, R.A., “The economic organization of a P.O.W. camp”, *Economica. New Series*, Vol. 12, N 48, (1945), pp. 189-201.
- REMOLINA LEÓN, N., “Criptomonedas” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dir.), *Fintech, Regtech y Legaltech, Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 237-251.
- RODRIGUES, U.R., “Law and the Blockchain”, *Iowa Law Review*, Vol. 104, (2019), pp. 679-729.
- RODRÍGUEZ ARANA, J., “El Derecho Administrativo Global: un derecho principal”, *Administración de Andalucía. Revista Andaluza de Administración Pública*, N 76, (2010), pp. 15-68.
- RODRÍGUEZ DE CODES ELORRIAGA, E. M., “Las nuevas medidas de Basilea III en materia de capital”, *Estabilidad Financiera*, N 19, (2010), pp. 9-20.
- RODRÍGUEZ DE LAS HERAS BALLELL, T., “La responsabilidad por «software» defectuoso en la contratación mercantil”, *Revista Aranzadi de Derecho y Nuevas Tecnologías*, N 10, (2006), pp. 83-110.
- RODRÍGUEZ SAIZ, L., RODRÍGUEZ SOLER, L., “Blanqueo de capitales: su prevención y control en el marco de la crisis financiera”, *Revista Española de Control Externo*, Vol. 13, N 39, (2011), pp.143-178.
- ROGOFF, K.S., “Cost and benefits to phasing out Paper Currency”, en J. PARKER y M. WOODFORD (Eds.), *NBER Macroeconomics Annual 2014, Volume 29*, University of Chicago Press, Chicago, 2014, pp. 445-456.
- ROGOFF, K.S., *The Curse of Cash*, Princeton University Press, Princeton, 2016.

- ROJO RIVAS, M.I., *Blockchain. Fundamentos de la cadena de bloques*, RA-MA, Paracuellos del Jarama, 2018.
- ROMERO DE TEJADA, M., “El sellado de tiempo y su relación con la firma electrónica”, 2017, disponible en <https://blog.signaturit.com/es/que-es-sellado-de-tiempo-y-su-autoridad> (última consulta el 10.02.2021).
- ROMERO UGARTE, J.L., “Tecnología de Registros Distribuidos (DLT): una introducción”, *Boletín económico-Banco de España*, N 4, (2018).
- ROSALES DE SALAMANCA, F., “Blockchain y autenticidad de la información”, 2018, disponible en <https://www.notariofranciscorosalas.com/blockchain-y-autenticidad-de-la-informacion/> (última consulta el 11.05.2019).
- ROSENBLUM, R., H., “Investment Company Determination Under the 1940 Act: Exemptions and Exceptions”, 2003, disponible en <https://apps.americanbar.org/buslaw/newsletter/0014/materials/investmentch2.pdf> (última consulta el 14.01.2021).
- RUIZ MARTÍNEZ, J., “Public-Permissioned blockchains as Common-Pool Resources”, 2020, disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02477405/document> (última consulta el 10.09.2020).
- RUIZ MARTÍNEZ, J., “Public-Permissioned blockchains as Common-Pool Resources”, 2020, p. 3, disponible en <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02477405/document> (última consulta el 10.09.2020).
- RUIZ OJEDA, A., “Caveat vendor, o el volteo regulatorio de la asignación de riesgos en las transacciones financieras por la normativa MiFID”, *InDret. Revista para el Análisis del Derecho*, N 2, (2017).
- RUIZ OJEDA, A., “Deuda paga deuda (Nuestro actual sistema monetario explicado por Paulo Duarte)”, 2017, disponible en http://www.rdmf.es/wp-content/uploads/2017/01/ruiz-ojeda-a_-deuda-paga-deuda_recension.pdf (última consulta, el 08.09.2022).
- RUIZ OJEDA, A., “Dinero, criptomonedas y algarrobos. (Paulo Duarte, sobre los sistemas monetarios digitales no-redistributivos)”, disponible en <http://www.rdmf.es/wp-content/uploads/2018/10/RUIZ-OJEDA-rese%C3%B1a-art%C3%ADculo-Paulo-Duarte.pdf> (última consulta, el 16.05.2022).
- RUIZ OJEDA, A., “Monetización del déficit público y compra de deuda soberana por el BCE/SEBC. (A propósito de la jurisprudencia *Pringle-Gauweiler-Weiss* del TJUE)”, *InDret. Revista para el Análisis del Derecho*, N 3, (2020).
- RUIZ OJEDA, A., “EU policy responses to Covid-19: effects on money growth, inflation, and spending”, disponible en <https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/21836/Policy%20responses%20to%20Covid-19%20%28Essay%20Alberto%20Ruiz-Ojeda%29%20FV.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (última consulta, el 04.06.2022).
- RUIZ OJEDA, A., “Green Monetary Policy: del pánico climático a la implosión de la Eurozona”, en J. F. ALENZA GARCÍA y L. MELLADO RUIZ (Coords.), *Estudios sobre cambio climático y transición energética*, Marcial Pons, Madrid, 2022, pp. 817-876.
- RUIZ OJEDA, A., “Insolventes e ilíquidos, redimidos y condenados. (Kénosis de las entidades de crédito españolas en tránsito hacia la digitalización)” en G.F. FERRARI (Ed.), *Banca, finanza, moneta. Il governo dell'economia nel prisma della comparazione*, G. Guiappichelli Editore, Torino, 2021, pp. 65-89.
- RUIZ OJEDA, A., “We’ve got a serious pan-European constitutional problem - not just a German one”, 2021, disponible en <https://www.aepda.es/AEPDAEntrada-3274-We> (última consulta, el 30.08.2022).
- RUIZ OJEDA, A., “Which constitutional economics for the two-decade-old Eurozone?”, *Future Europe*, Vol. 2, 2022, disponible en <https://feu-journal.eu/issues/issue-2/which-constitutional-economics-for-the-two-decade-old-eurozone/>.
- RUIZ-GALLARDÓN GARCÍA DE LA RASILLA, M., “Fe pública y tokenización de activos en Blockchain” en P. GARCÍA MEXÍA (Dir.), *Criptoderecho. La regulación de Blockchain*, La Ley, Madrid, 2018, pp. 449-488.

- SÁNCHEZ DEL CAMPO REDONET, A., “Aspectos legales de la robótica” en A. GURREA MARTÍNEZ y N. REMOLINA LEÓN (Dirs.), *Fintech, Regtech y Legaltech: Fundamentos y desafíos regulatorios*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2020, pp. 397-415.
- SÁNCHEZ GÁLVEZ, E., “¿Cómo funciona la tokenización inmobiliaria de Reental?”, <https://blog.reental.co/ayuda/como-funciona-la-tokenizacion-inmobiliaria-de-reental> (última consulta, el 29.08.2022).
- SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, I. “Blockchain e Inteligencia Artificial: dos tecnologías que convergen e impactan en la economía y el Derecho” en I. SÁNCHEZ RUIZ DE VALDIVIA, *Blockchain: impacto en los sistemas financiero, notarial, registral y judicial*, Aranzadi, Cizur Menor, 2020, pp. 55-175.
- SANITT, A., “Legal analysis of the governed blockchain”, 2018, disponible en <https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/0d56a3a5/legal-analysis-of-the-governed-blockchain> (última consulta el 17.01.2021).
- SANTHANA, P., BISWAS, A., “Blockchain risk management Risk functions need to play an active role in shaping blockchain strategy”, 2017, disponible en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/risk/us-risk-blockchain-risk-management.pdf> (última consulta 30.03.2019).
- SANTORI, M. A., “Delaware Share Ownership and the Blockchain”, 2016, disponible en <https://corpgov.law.harvard.edu/2016/06/24/delaware-share-ownership-and-the-blockchain/> (última consulta el 08.02.2021).
- SAUNDERS, A., CORNETT, M.M., ERHEMAMTS, O., *Financial Institutions Managements*, McGraw-Hill, Nueva York, 2021.
- SCHELKLE, W., “Krugman’s argument that the Eurozone is not an optimum currency area could easily be applied to the US”, disponible en <https://blogs.lse.ac.uk/euoppblog/2016/04/29/krugmans-argument-that-the-eurozone-is-not-an-optimum-currency-area-could-easily-be-applied-to-the-us/#Author> (última consulta, el 29.06.2022).
- SCHINASI, G.J., “Preserving Financial Stability”, *Economic Issues*, N 36, (2005)
- SCHOLZ, L.H., “Algorithmic Contracts”, *Stanford Technology Law Review*, Vol. 20, N 2, (2017), pp. 128-169.
- SCHÖNIN, F., TAGARA, M., “Blockchain: Mind the gap! Lessons learnt from the net neutrality debate and competition law related aspects”, *Concurrences*, N 3, (2018).
- SCHREPEL, T., “Anarchy, State, and Blockchain Utopia. Rule of Law versus Lex Cryptographia” en U. BEMITZ, X. GROUSSOT, J. PAJU, S. DE VRIES (Eds.), *General Principles of EU Law and the EU Digital Order*, Hart Publishing, Oxford, 2020, pp. 367-383.
- SCHREPEL, T., “Collusion by Blockchain and Smart Contract”, *Harvard Journal of Law and Technology*, Vol. 33, N 1, (2019), pp. 117-166.
- SCHREPEL, T., “Is Blockchain the death of antitrust law? The Blockchain antitrust paradox”, *Georgetown Law Technology Review*, Vol. 3, N 2, (2019), pp. 281-338.
- SCHREPEL, T., BUTERIN, V., “Blockchain Code as Antitrust”, 2020, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3597399 (ultima consulta, el 27.05.2020).
- SCHUEFFEL, P., “Alternative Distributed Ledger Technologies: Blockchain vs. Tangle vs. Hashgraph - A high-level overview and comparison”, disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3144241 (última consulta el 01.07.2020).
- SCHWAB, K., *La Cuarta Revolución Industrial*, Debate, Barcelona, 2016.
- SCHWARTZ GIRÓN, P., CASTAÑEDA FERNÁNDEZ, J.E., “Developments in the real estate sector in relation with monetary policy”, 2007, disponible en <https://www.europarl.europa.eu/cmsdata/178681/20071220ATT16955EN.pdf> (última consulta, el 03.06.2022).
- SEC, “No Action Letters”, 2017, disponible en <https://www.sec.gov/fast-answers/answersnoactionhtm.html> (última consulta el 12.11.2019).

- SEC, "Report of Investigation Pursuant to Section 21(a) of the Securities Exchange Act of 1934: The DAO", 2017, disponible en <https://www.sec.gov/litigation/investreport/34-81207.pdf> (última consulta el 03.02.2022).
- SELBST, S.D., POWLES, J., "Meaningful information and the right to explanation", *International Data Privacy Law*, Vol. 7, N 4, (2017), pp. 233-242.
- SELGIN, G., "Central Bank Digital Currency as a Potential Source of Financial Instability", *Cato Journal*, Vol. 41, N 2, (2021), pp. 333-341.
- SELGIN, G., "Floored! How a Misguided Fed Experiment Deepened and Prolonged the Great Recession", *Cato Working Paper*, N 50, (2018).
- SELGIN, G., "Return of the Inflation Mongers", 2020, disponible en <https://www.altm.org/2020/04/27/return-of-the-inflation-mongers/> (última consulta, el 30.05.2022).
- SELGIN, G., "Synthetic commodity money", *Journal of Financial Stability*, N 17, (2015), pp. 92-99.
- SELGIN, G., "The Rise and Fall of the Gold Standard in the United States", *Cato Institute Policy Analysis*, N 729, (2013).
- SELGIN, G., *The Theory of Free Banking*, Rowman & Littlefield Publishers, Inc y Cato Institute, Lanham, 1988.
- SERRA RODRÍGUEZ, A., "La protección del consumidor de productos financieros: el consentimiento informado", en B. BELANDO GARÍN (Dir.) y B. ANDRÉS SEGOVIA (coords.) *La supervisión del mercado de valores: la perspectiva del inversor-consumidor*, Aranzadi, Cizur Menor, 2017, pp. 151-185.
- SIERRA GIL, J., GÓMEZ ACEBO, J.C., "Blockchain, tokenización de activos inmobiliarios y su protección registral", *Revista Crítica de Derecho Inmobiliario*, N 775, (2019), pp. 2277-2318.
- SIMONITE, T., "The man who really built Bitcoin", 2014, disponible en <https://www.technologyreview.com/2014/08/15/12784/the-man-who-really-built-bitcoin/> (última consulta, el 04.04.2022).
- SINN, H.W., "The Effective Rate of Interest on Target Balances", *Cesifo Working Papers*, N 7878, (2019).
- SINN, H.W., *The economics of target balances*, Palgrave Macmillan, Cham, 2020.
- SONG, W., "Bullish on blockchain: examining Delaware's approach to distributed ledger technology in corporate governance law and beyond", *Harvard Business Law Review*, Vol. 8, (2017), pp. 9-20.
- STROWEL, A., "Introduction: peer-to-peer file sharing and secondary liability in copyright law", en A. STROWEL (Ed.), *File sharing and secondary liability in copyright law*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2009, pp. 1-11.
- SUNSTEIN, C.R., *Why Nudge*, Yale University Press, New Haven, 2014.
- SVENSSON, L.E.O., "Inflation targeting as a monetary policy rule", *NBER Working Paper Series*, N 6790, (1998).
- Sveriges Riksbank, "The Riksbank's e-krona Project. Report 1", 2017, disponible en <https://www.riksbank.se/en-gb/payments--cash/e-krona/e-krona-reports/e-krona-project-report-1/> (última consulta, el 22.06.2022).
- SWAN, M., *Blockchain. Blueprint for a new economy*, O'Reilly Media, Sebastopol, 2015.
- SZABO, N., "Formalizing and Securing Relationships on Public Networks", *Peer-Reviewed Journal of Internet*, Vol. 2, N 9, (1997).
- SZCZERBOWSKI, J.J., "Transaction cost of blockchain smart contracts", *Law and Forensic Science*, Vol. 16, N 2, (2018).
- TALEB, N. N., *El Cisne Negro*, Paidós, Barcelona, 2011.
- TANDA, A., SCHENA, C.M., *Fintech, Bigtech and Banks. Digitalisation and its impact on banking business models*, Palgrave Macmillan, Londres, 2019.
- TAPIA HERMIDA, A.J., "La post-contratación en los mercados secundarios de valores: el sistema de compensación y liquidación de valores", *Documentos de trabajo del Departamento de Derecho Mercantil*, N 107, (2017).
- TASCA, P., TESSONE, C.J., "A Taxonomy of Blockchain Technologies: Principles of Identification and Classification", *Ledger Journal*, Vol. 4, (2019).

- TechCrunch., “Decentralizing Everything with Ethereum's Vitalik Buterin Disrupt SF 2017”, 2017, disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=WSN5BaCzsbo> (última consulta 25.03.2019).
- TEODORO, F., *The blockchain technologies so far: what's next?: A comparative analysis of its attempt to reshape the delivery of products and services*, Università de Bologna, Bologna, 2019.
- The Federal Council, “Legal framework for distributed ledger technology and blockchain in Switzerland An overview with a focus on the financial sector”, 2018, disponible en https://www.mme.ch/fileadmin/files/documents/Publikationen/2018/181207_Bericht_Bundesrat_Blockchain_Engl.pdf (última consulta el 02.04.2019).
- The Linux Foundation, “Hyperledger”, disponible en <https://readthedocs.org/projects/hyperledger-fabric/downloads/pdf/latest/> (última consulta el 09.01.2020).
- THOMAS, R., “Uk broad money growth and nominal spending during the Great Recession: an analysis of the money creation process and the role of money demand” en T. CONGDON (Ed.) *Money in the Great Recession*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2017, pp. 78-100.
- TIRADO MARTÍ, I., “At the core of the sovereign crisis in Spain: restructuring subnational debt versus internal bailout”, *Capital Markets Law Journal*, Vol. 9, N 1, (2014), pp. 73-99.
- TIRADO MARTÍ, I., “Crisis financiera y crisis soberana. Un análisis de los mecanismos de transmisión” en A. J. ROJO FERNÁNDEZ y A. B. CAMPUZANO LAGUILLO (coords.), *Estudios jurídicos en memoria del profesor Emilio Beltrán. Liber amicorum*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2015, pp. 2459-2486.
- TIRADO MARTÍ, I., “En el núcleo de la crisis soberana: ¿reestructuración de deuda ‘subnacional’ o rescate interno” en A. RECALDE CASTELLS, I. TIRADO MARTÍ y A. B. PERDICES HUETOS (coords.), *Crisis y reforma del sistema financiero*, Aranzadi, Cizur Menor, 2014, pp. 89-114.
- TIRADO MARTÍ, I., “Mecanismos actuales de la UE para enfrentar la insolvencia soberana. Un análisis normativo tomando como referencia a los principios de la UNCTAD”, en C. ESPÓSITO MASSICI, Y. LI y J. P. BOHOSLAVSKY (coords.), *Deuda pública y derecho internacional*, Tirant lo Blanch, Valencia, 2015, pp. 385-417.
- TOBAJAS VINUESA, P., “Blockchain 2.0- Smart Contract: ¿Contratos inteligentes?”, disponible en <https://elderecho.com/blockchain-2-0-smart-contract-contratos-inteligentes> (última consulta 02.04.2019).
- TRAUTMAN, L., “Virtual Currencies; Bitcoin & What Now after Liberty Reserve, Silk Road, and Mt. Gox?”, *Richmond Journal of Law and Technology*, Vol. 20, N 4, (2014).
- TRIFFIN, R., “Gold and the dollar crisis: yesterday and tomorrow” *Essays in International Finance*, N 132, (1978).
- TUR FAÚNDEZ, C.E., *Smart contracts. Análisis jurídico*, Reus, Madrid, 2018.
- VALERO TORRIJOS, J., “Las garantías jurídicas de la inteligencia artificial en la actividad administrativa desde la perspectiva de la buena administración”, *Revista Catalana de Dret Públic*, N 58, (2019), pp. 82-96.
- VAN DER ELST, C., LAFARRE, A., “Blockchain and Smart Contracting for the Shareholder Community”, *European Business Organization Law Review*, Vol. 20, N 1, (2019), pp. 111-137.
- VAN ROMPUY, H., “Hacia una auténtica unión económica y monetaria”, 2012, disponible en <https://www.consilium.europa.eu/media/21556/131290.pdf> (última consulta el 16.07.2019).
- VATIERO, M., “Smart Contracts and transaction costs”, *Discussion Papers del Dipartimento di Economia e Management –Università di Pisa*, N 238, (2018).
- VEGA VEGA, J.A., “Caracterización jurídica del dinero electrónico en la Ley 21/2011”, *Revista de Derecho Mercantil*, N 285, (2012), pp. 137-164.

- VELASCO CABALLERO, F., “«Nudges» y Derecho administrativo”, 2018, disponible en <https://franciscovelascocaballeroblog.wordpress.com/2018/05/28/nudges-y-derecho-administrativo/> (última consulta, el 16.07.2022).
- VERCHER MOL, J., “Aplicación del principio de proporcionalidad a las entidades que operan en el mercado financiero”, *Revista de Derecho Patrimonial*, N 47, (2018).
- VILALTA NICUESA, A.E., *La contratación inteligente a través de la tecnología blockchain*, Wolters Kluwer, Madrid, 2019.
- VILARROIG MOYA, R., “Criptomonedas y otras clases de tokens: aspectos tributarios”, en R. VILARROIG MOYA y C. PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 191-243.
- VILARROIG MOYA, R., “Regulación y tributación de las criptomonedas en Japón”, *Quincena Fiscal*, N 6, (2020), pp. 15-30.
- VILARROIG MOYA, R., “Tributación de criptomonedas”, *Balance: Revista de Economía*, N 26, (2018), pp. 15-20.
- VILLAR PALASÍ, J.L., “Aspectos jurídicos y políticos de la telemática”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.), *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, pp. 695-709.
- VILLAR PALASÍ, J.L., “Implicaciones jurídicas de Internet”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.) *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, pp. 629-655.
- VILLAR PALASÍ, J.L., “Nombres de dominio y protocolo de Internet”, en A. RUIZ OJEDA (Ed.), *Obras selectas*, Iustel, Madrid, 2022, p. 657-667.
- VOELL, Z., “Ethereum Classic Attacker Successfully Double-Spends \$1.68M in Second Attack: Report”, disponible en <https://www.nasdaq.com/articles/ethereum-classic-attacker-successfully-double-spends-%241.68m-in-second-attack%3A-report-2020> (última consulta, el 19.04.2022).
- WACHTER, S., FLORIDI, L., MITTELSTADT, B., “Why a right to explanation of Automated Decision-Making does not exist in the General Data Protection Regulation”, *International Data Privacy Law*, Vol. 7, N 2, (2017), pp. 76-99.
- WADEN-BERGUE, J.L., FERNÁNDEZ DAZA, E., “La contabilidad de triple entrada y las implicaciones de Blockchain” en R. VILARROIG MOYA y CARMEN PASTOR SEMPERE (Coords.), *Blockchain: Aspectos Tecnológicos, Empresariales y Legales*, Aranzadi, Cizur Menor, 2018, pp. 269-294.
- WAHLSTROM, K., ULHAQ, A., “Privacy by design: a Holochain exploration”, *Australasian Journal of Information Systems*, Vol. 24, (2020).
- WALCH, A., “The bitcoin blockchain as financial market infrastructure: a consideration of operational risk”, *NYU Journal Legislation and Public Policy*, Vol. 18, N 837, (2015), pp. 837-893.
- WATSON, K.P., “Uniform Regulation of Virtual-Currency Businesses Act Offers States Regulatory Framework for the Virtual Currency Industry.”, 2018, disponible en http://www.burr.com/wp-content/uploads/2018/01/Blog_Uniform-Regulation-of-Virtual-Currency-Businesses-Act-Offers-States-Regulatory-Framework-for-the-Virtual-Currency-Industry.pdf (última consulta 05.07.2021).
- WHITE, L., “How a Bitcoin System is Like and Unlike a Gold Standard”, 2018, disponible <https://www.alt-m.org/2018/01/11/how-a-bitcoin-system-is-like-and-unlike-a-gold-standard/> (última consulta, el 15.06.2022).
- WOERTH, M.E., PERSON, M. P., BARROT, M.J.N., BRICOUT, M.J.L., COQUEREL, M.E., DUFRÈGNE, M.J.P., VIGIER, M.P., “Rapport d’ information relative aux monnaies virtuelles”, *Assemblée Nationale*, N 1624, (2019).
- WOOD, G., “A Pioneer Bank in a Pioneers’ Country”, *Central Banking*, Vol. 5, N 1, (1994), pp. 59-77.
- WOOD, G.E., “The Lender of Last Resort Reconsidered”, *Journal of Financial Services Research*, Vol. 18, N 2, (2000), pp. 203-227.
- WÜST, K., GERVAIS, “Do you Need a Blockchain?” *Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT) 2018*, pp. 45-54, disponible en <https://ieeexplore.ieee.org/document/8525392> (última consulta, el 25.07.2022).

- Wyoming Division of Banking, “Special Purpose Depository Institutions”, 2019, disponible en <https://wyomingbankingdivision.wyo.gov/banks-and-trust-companies/special-purpose-depository-institutions> (última consulta el 25.01.2021).
- WYPLOSZ, C., *The ECB's New Definition of Price Stability: Better but Short of Specifics*, European Parliament's committee on Economic and Monetary Affairs (ECON), Bruselas, 2021.
- Xataka, “The DAO y el caso del robo de los 50 millones de dólares en Ethereum (Insert Coin 1x01)”, 2017, disponible en <https://www.xataka.com/seguridad/the-dao-y-el-caso-del-robo-de-los-50-millones-de-dolares-en-ethereum-insert-coin-1x01> (última consulta 30.03.2019).
- YEUNG, K., “Regulation by Blockchain: The Emerging Battle for Supremacy between the Code of Law and Code as Law”, *The Modern Law Review*, Vol. 82, N 2, (2019), pp. 207-239.
- ZAMFIR, V., “Against on-chain governance”, 2017, disponible en https://medium.com/@Vlad_Zamfir/against-on-chain-governance-a4ceacd040ca (última consulta el 14.02.2020).
- ZAPATA SEVILLA, J., “Las lagunas del paquete de medidas sobre finanzas digitales de la UE. Especial referencia a las infraestructuras de los mercados”, *Revista de Derecho del Sistema Financiero: Mercados, Operadores y Contratos*, N 3, (2022).
- ZETZSCHE, D.A., ANNUNZIATA, F., ARNER, D.W., BUCKLEY, R.P., “The Markets in Crypto-Assets regulation (MiCA) and the EU digital finance strategy”, *Capital Markets Law Journal*, Vol 16, N 2, (2021), pp. 203-225.
- ZETZSCHE, D.A., BUCKLEY, R.P., ARNER, W.A., “The Distributed Liability of Distributed Ledgers: Legal Risks of Blockchain”, *EBI Working Paper Series*, N 14, (2017).
- ZHOU, J., RUTLEDGE, V., BOSSU, W., DOBLER, M., JASSAUD, N., “From Bail-out to Bail-in: Mandatory Debt Restructuring of Systemic Financial Institutions”, 2012, p. 20, disponible en <https://www.imf.org/external/pubs/ft/sdn/2012/sdn1203.pdf> (última consulta el 21.07.2019).
- ZVEREV, A., BELTON, C., “Aumentan donaciones en bitcoin en favor de opositor ruso Navalny: datos”, 2021, disponible en <https://www.reuters.com/article/rusia-politica-bitcoin-idLTAKBN2AC1JT> (última consulta el 16.02.2021).

2. Legislación y soft law

- AZ Rev Stat § 44-7061 (2019).
- Bundesgesetz zur Anpassung des Bundesrechts an Entwicklungen der Technik verteilter elektronischer Register vom 25. September 2020.
- Circular 1/2022, de 10 de enero, de la Comisión Nacional del Mercado de Valores, relativa a la publicidad sobre criptoactivos presentados como objeto de inversión (BOE núm. 14, de 17.01.2022).
- Code de commerce (JORF n° 0219 du 21 septembre 2000).
- Comité de Supervisión Bancaria de Basilea, “Basilea III: Marco regulador global para reforzar los bancos y sistemas bancarios”, 2010, disponible en https://www.bis.org/publ/bcbs189_es.pdf, (última consulta el 15.01.2019).
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Banco Central Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité Europeo de las Regiones. Plan de acción en materia de tecnología financiera: por un sector financiero europeo más competitivo e innovador. COM/2018/029 final.
- Comunicación de la Comisión sobre la aplicación, a partir del 1 de agosto de 2013, de la normativa sobre ayudas estatales a las medidas de apoyo en favor de los bancos en el contexto de la crisis financiera («Comunicación bancaria») (DOUE C 216/1, de 30.07.2013).

- Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135, recante disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione. (19G00017) (GU n.36 del 12-02-2019).
- Décret n° 2018-1226, du 24 décembre 2018, relatif à l'utilisation d'un dispositif d'enregistrement électronique partagé pour la représentation et la transmission de titres financiers et pour l'émission et la cession de minibons (JORF n° 0298 du 26 décembre de 2018).
- Decreto n° 57 de la Asamblea Legislativa de la República de El Salvador del 9 de junio de 2021.
- Delaware General Corporation Law (2 Del. C § 224).
- Directiva (UE) 2015/2366 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 sobre servicios de pago en el mercado interior y por la que se modifican las Directivas 2002/65/CE, 2009/110/CE y 2013/36/UE y el Reglamento (UE) no 1093/2010 y se deroga la Directiva 2007/64/CE (DOUE, L 337/35, de 23.12.2015).
- Directiva (UE) 2017/828 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2017, por la que se modifica la Directiva 2007/36/CE en lo que respecta al fomento de la implicación a largo plazo de los accionistas (DOUE, L 132/1, de 20.5.2017).
- Directiva (UE) 2018/843 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva (UE) 2015/849 relativa a la prevención de la utilización del sistema financiero para el blanqueo de capitales o la financiación del terrorismo, y por la que se modifican las Directivas 2009/138/CE y 2013/36/UE (DOUE L 156/43, de 19.6.2018).
- Directiva 2000/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2000, relativa a determinados aspectos jurídicos de los servicios de la sociedad de la información, en particular el comercio electrónico en el mercado interior (Directiva sobre el comercio electrónico) (DOUE L 178, de 17.07.2000).
- Directiva 2009/110/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de septiembre de 2009, sobre el acceso a la actividad de las entidades de dinero electrónico y su ejercicio, así como sobre la supervisión prudencial de dichas entidades, por la que se modifican las Directivas 2005/60/CE y 2006/48/CE y se deroga la Directiva 2000/46/CE (DOUE, L 267/7, de 10.10.2009).
- Directiva 2013/36/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, relativa al acceso a la actividad de las entidades de crédito y a la supervisión prudencial de las entidades de crédito y las empresas de inversión, por la que se modifica la Directiva 2002/87/CE y se derogan las Directivas 2006/48/CE y 2006/49/CE (DOUE L 176/338, de 27.06.2013).
- Directiva 2014/49/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativa a los sistemas de garantía de depósitos (DOUE, L 173/149, de 12.06.2014).
- Directiva 2014/59/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de mayo de 2014, por la que se establece un marco para la reestructuración y la resolución de entidades de crédito y empresas de servicios de inversión, y por la que se modifican la Directiva 82/891/CEE del Consejo, y las - Directivas 2001/24/CE, 2002/47/CE, 2004/25/CE, 2005/56/CE, 2007/36/CE, 2011/35/UE, 2012/30/UE y 2013/36/UE, y los Reglamentos (UE) 1093/2010 y (UE) 648/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo (DOUE L 173/90 de 12.06.2014).
- Directiva 2014/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de mayo de 2014 relativa a los mercados de instrumentos financieros y por la que se modifican la Directiva 2002/92/CE y la Directiva 2011/61/UE (DOUE L 173/349 de 12.6.2014).
- H. Res.1102 -Expressing support for digital currencies and blockchain technology. 115th Congress (2017-2018).
- H.R.528 -Blockchain Regulatory Certainty Act116th Congress (2019-2020).
- H.R.6973 -Safe Harbor for Taxpayers with Forked Assets Act of 2018115th Congress (2017-2018).
- H.R.7224 -Virtual Currency Consumer Protection Act of 2018115th Congress (2017-2018).

- H.R.7225 - U.S. Virtual Currency Market and Regulatory Competitiveness Act of 2018 115th Congress (2017-2018).
- Ley 1/2019, de 20 de febrero, de Secretos Empresariales (BOE núm. 45, de 21.02.2019).
- Ley 10/2010, de 28 de abril, de prevención del blanqueo de capitales y de la financiación del terrorismo (BOE núm. 103, de 29.04.2010).
- Ley 10/2014, de 26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito (BOE núm. 156, de 27.06.2014).
- Ley 11/2015, de 18 de junio, de recuperación y resolución de entidades de crédito y empresas de servicios de inversión (BOE núm. 146, de 19.06.2015).
- Ley 14/2013, de 27 de septiembre, de apoyo a los emprendedores y su internacionalización (BOE núm. 233, de 28.09.2013).
- Ley 21/2011, de 26 de julio, de dinero electrónico (BOE núm. 179, de 27 de julio de 2011).
- Ley 24/2015, de 24 de julio, de Patentes (BOE núm. 177, de 25.07.2015).
- Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de la información y de comercio electrónico (BOE núm. 166, de 12.07.2002).
- Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones (BOE núm. 276, de 18.11.2003).
- Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público (BOE núm. 236, de 02.10.2015).
- Ley 5/2006, de 10 de mayo, del libro quinto del Código Civil de Cataluña, relativo a los derechos reales (“DOGC” núm. 4640, de 24.05.2006 y “BOE” núm. 148, de 22.06.2006).
- Ley 5/2015, de 27 de abril, de fomento de la financiación empresarial (BOE, núm. 101, de 28.04.2015).
- Ley 5/2021, de 12 de abril, por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, y otras normas financieras, en lo que respecta al fomento de la implicación a largo plazo de los accionistas en las sociedades cotizadas (BOE núm. 88, de 13.04.2021).
- Ley 6/2020, de 11 de noviembre, reguladora de determinados aspectos de los servicios electrónicos de confianza. (BOE núm. 298, de 12.11.2020).
- Ley 7/1998, de 13 de abril, sobre Condiciones Generales de la Contratación (BOE núm. 89, de 14.04.1998).
- Ley 7/2020, de 13 de noviembre, para la transformación digital del sistema financiero (BOE, núm. 300, de 14.11.2020).
- Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. (BOE núm. 272, de 09.11.2017).
- Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal (BOE núm. 281, de 24.11.1995).
- Loi n° 2018-1317, du 28 décembre 2018, de finances pour 2019 (JORF n°0302 du 30 décembre 2018).
- Loi n° 2019-486, du 22 mai 2019, relative à la croissance et la transformation des entreprises (JORF n° 0119 du 23 mai 2019).
- Ordonnance n° 2016-520, du 28 avril 2016, relative aux bons de caisse. (JORF n° 0101 du 29 avril 2016).
- Ordonnance n° 2017-1674, du 8 décembre 2017, relative à l'utilisation d'un dispositif d'enregistrement électronique partagé pour la représentation et la transmission de titres financiers (JORF n° 0287 du 9 décembre 2017).
- Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifican las Directivas 2006/43/CE, 2009/65/CE, 2009/138/UE, 2011/61/UE, 2013/36/UE, 2014/65/UE (UE) 2015/2366 y (UE) 2016/2341 (COM(2020) 596 final).
- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión. COM (2021) 206 final.

- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los mercados de criptoactivos y por el que se modifica la Directiva (UE) 2019/1937. COM (2020) 593 final
- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre un régimen piloto de las infraestructuras del mercado basadas en la tecnología de registro descentralizado. COM/2020/594 final.
- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital (Ley de Mercados Digitales) COM/2020/842 final.
- Proyecto de Ley de Organización y Uso Estratégico de la Contratación Pública en Aragón (BOA núm. 266, de 03.05.2018).
- Real Decreto 1398/2018, de 23 de noviembre, por el que se desarrolla el artículo 25 del texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, en cuanto al sistema de compensación equitativa por copia privada (BOE núm. 298, de 11.12.2018).
- Real Decreto 602/2016, de 2 de diciembre, por el que se modifican el Plan General de Contabilidad aprobado por el Real Decreto 1514/2007, de 16 de noviembre; el Plan General de Contabilidad de Pequeñas y Medianas Empresas aprobado por el Real Decreto 1515/2007, de 16 de noviembre; las Normas para la Formulación de Cuentas Anuales Consolidadas aprobadas por el Real Decreto 1159/2010, de 17 de septiembre; y las Normas de Adaptación del Plan General de Contabilidad a las entidades sin fines lucrativos aprobadas por el Real Decreto 1491/2011, de 24 de octubre (BOE núm. 304, de 17.12.2016).
- Real Decreto 84/2015, de 13 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 10/2014, de 26 de junio, de ordenación, supervisión y solvencia de entidades de crédito (BOE núm. 39, de 14.02.2015).
- Real Decreto 878/2015, de 2 de octubre, sobre compensación, liquidación y registro de valores negociables representados mediante anotaciones en cuenta, sobre el régimen jurídico de los depositarios centrales de valores y de las entidades de contrapartida central y sobre requisitos de transparencia de los emisores de valores admitidos a negociación en un mercado secundario oficial (BOE núm. 237, de 03.10.2015).
- Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil (Gaceta de Madrid núm. 206, de 25.07.1889).
- Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia (BOE núm. 97, de 22.04.1996).
- Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias, y otras leyes especiales (BOE núm. 287, de 30.11.2007).
- Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital (BOE núm. 161, de 03.07.2010).
- Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores (BOE núm. 255, de 24.10.2015).
- Real Decreto-ley 14/2019, de 31 de octubre, por el que se adoptan medidas urgentes por razones de seguridad pública en materia de administración digital, contratación del sector público y telecomunicaciones (BOE núm. 266, de 05.11.2019).
- Real Decreto-ley 16/2011, de 14 de octubre, por el que se crea el Fondo de Garantía de Depósitos de Entidades de Crédito (BOE, núm. 249, de 15.10.2011).
- Real Decreto-ley 16/2011, de 14 de octubre, por el que se crea el Fondo de Garantía de Depósitos de Entidades de Crédito (BOE núm. 249, de 15.10.2011).
- Real Decreto-Ley 27/2017, de 29 de diciembre, de medidas urgentes para la adaptación del derecho español a la normativa de la Unión Europea en materia del Mercado de Valores (BOE núm. 317, de 30.12.2017).

- Real Decreto-ley 5/2021, de 12 de marzo, de medidas extraordinarias de apoyo a la solvencia empresarial en respuesta a la pandemia de la COVID-19 (BOE núm. 62, de 13.03.2021).
- Recomendación de la Comisión, de 22 de marzo de 2010, sobre el alcance y los efectos del curso legal de los billetes y monedas en euros (DOUE L 83 de 30.3.2010).
- Reglamento (CE) 974/98, del Consejo, de 3 de mayo de 1998 sobre la introducción del euro (DOUE, L 139/1 de 11.5.98).
- Reglamento (UE) 1024/2013 del Consejo, de 15 de octubre de 2013, que encomienda al Banco Central Europeo tareas específicas respecto de políticas relacionadas con la supervisión prudencial de las entidades de crédito (DOUE, L 287/63, de 29.10.2010).
- Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (DOUE L 119/1, de 04.05.2016).
- Reglamento (UE) 2020/1503 del Parlamento Europeo y del Consejo de 7 de octubre de 2020 relativo a los proveedores europeos de servicios de financiación participativa para empresas, y por el que se modifican el Reglamento (UE) 2017/1129 y la Directiva (UE) 2019/193 (DOUE, L 347/1, de 20.10.2020).
- Reglamento (UE) 2021/378 del Banco Central Europeo de 22 de enero de 2021 relativo a la aplicación de las reservas mínimas (refundición) (DOUE, L 73/1, 03.3.2021).
- Reglamento (UE) 575/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre los requisitos prudenciales de las entidades de crédito y las empresas de inversión, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 648/2012 (DOUE L 176/1, de 27.06.2013).
- Reglamento (UE) 806/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de julio de 2014 por el que se establecen normas uniformes y un procedimiento uniforme para la resolución de entidades de crédito y de determinadas empresas de servicios de inversión en el marco de un Mecanismo Único de Resolución y un Fondo Único de Resolución y se modifica el Reglamento (UE) no 1093/2010 (DOUE, L 225/1, de 30.7.2014).
- Reglamento (UE) 806/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de julio de 2014, por el que se establecen normas uniformes y un procedimiento uniforme para la resolución de entidades de crédito y de determinadas empresas de servicios de inversión en el marco de un Mecanismo Único de Resolución y un Fondo Único de Resolución y se modifica el Reglamento (UE) no 1093/2010 (DOUE L 225/1, de 30.7.2014).
- Reglamento (UE) 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE (DOUE L 257/73, 28.8.2014).
- Reglamento (UE) No 910/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de julio de 2014 relativo a la identificación electrónica y los servicios de confianza para las transacciones electrónicas en el mercado interior y por la que se deroga la Directiva 1999/93/CE (DOUE L 257/73, 28.8.2014).
- Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL)).
- Securities Act of 1933 (May 27, 1933, ch. 38, title I, § 1,48 Stat. 74.).
- The Bank Charter Act 1844 (7 & 8 Vict. c. 32)
- Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (DOUE, C 326/47, de 26.10.2012).
- Reglamento (UE) 2022/1925 del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de septiembre de 2022 sobre mercados disputables y equitativos en el sector digital y por el que se modifican las Directivas (UE) 2019/1937 y (UE) 2020/1828 (Reglamento de Mercados Digitales) (L 265/1, 12.10.2022).
- Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización (Ley de Datos) (2022/0047 (COD)).

3. Sentencias y otros pronunciamientos de las autoridades

- BCE, “Opinion of The European Central Bank of 19 February 2021 on a proposal for a regulation on Markets in Crypto-assets, and amending Directive (EU) 2019/1937”, (CON/2021/4), (DO C 152/1, 29.4.2021).
- Dirección general de contratación, patrimonio y organización (Gobierno de Aragón) “Informe de la Oficina de Contratación Pública y del Servicio de Contratación Centralizada sobre la necesidad de la contratación por el procedimiento abierto, tramitación ordinaria, de un servicio de registro distribuido de ofertas y evaluación automatizada de las mismas en procedimientos de contratación pública electrónico”, expediente: (A02003456)-HAP SCC 24/2018.
- Order granting defendants’ joint motion to dismiss first amended complaint. The United American Corp. v. Bitmain Inc., et al., Case No. 1-18-cv-25106.
- Respuesta a Consulta no publicada del ICAC sobre el tratamiento contable de las llamadas “bitcoins” o monedas virtuales, con referencia rmr/38-14.
- Respuesta a Consulta sobre el tratamiento contable de la emisión de criptomoneda del ICAC publicada en el BOICAC N 120/2019, consulta 4.
- Sentencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea en el asunto C-264/14 (Skatteverket / David Hedqvist), de 22 de octubre de 2015. ECLI:EU:C: 2015:718.
- Sentencia del Tribunal Supremo 2109/2019, de 20 de junio. ECLI:ES:TS: 2019:2109

ABREVIATURAS

AAPP-Administraciones Públicas
AGE-Administración General del Estado
BCE- Banco Central Europeo
BOICAC- Boletín Oficial del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas
CBDC-*Central Bank Digital Currency*
Cc- Código Civil
CFTC- *U.S Commodity Futures Trading Commission*
CNMV- Comisión Nacional del Mercado de Valores
COMECON- Consejo de Ayuda Mutua Económica
DAG-*Directed Acyclic Graph*
DAO- *Decentralized autonomous organization.*
DAPPs- *Decentralized applications*
DCV- Depositario Central de Valores
DeFi- *Decentralized Finance*
DHT-*Distributed Hashed Tables*
DLTs- *Distributed Ledger Technologies*
EBA- European Banking Authority
EBSI-European Blockchain Services Infraestructure
ECC- Entidad de Contrapartida Central
ECU- *European Currency Unit*
EEUU- Estados Unidos de América
eIDAS- *Electronic Identification, Authentication and Trust Services*
EOA-*External Owned Accounts*
ESMA- *European Securities and Markets Authority*
EVM-*Ethereum Virtual Machine*
FCA- *Financial Conduct Authority*
FED- *Federal Reserve System*
FINMA- *Financial Market Supervisory Authority*
FMI- Fondo Monetario Internacional
FSB- *Financial Stability Board*
GSC- *Global Stablecoin*
ICAC-Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas
ICO- *Initial Coin Offering*
IoT- *Internet of Things*
IPC- Índice de Precios al Consumo
IRS- *Internal Revenue Service*
IVA- Impuesto sobre el Valor Añadido
JUR-Junta Única de Resolución
LCSP-Ley de Contratos del Sector Público
LOPDGDD-Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y Garantía de Derechos Digitales
LRJSP- Ley de Régimen Jurídico del Sector Público
LSSICE- Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y del Comercio electrónico
M2M- *Machine to Machine*
MiCA- *Markets in Crypto-Assets*
MiFID II- *Markets in Financial Instruments Directive*
MUR- Mecanismo Único de Resolución
MUS- Mecanismo Único de Supervisión
NFTs-*Non fungible Tokens*
OCC- *Office of the Controller of the Currency*
OPV- Oferta Pública de Venta
P2P- *Peer-to-Peer*
PGC- Plan General de Contabilidad

PIB- Producto Interior Bruto
QE- *Quantitative Easing*
RGPD- Reglamento General de Protección de datos Personales
RTGS- *Real-Time Gross Settlement*
SEC- *Securities Exchange Commission*
SID- *Starters Interrupter Devices*
SMN- Sistema Multilateral de Negociación
SNCE- Sistema Nacional de Compensación Electrónica.
TARGET2- Trans-European Automated Real-time Gross Settlement Express Transfer System
TFUE- Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea
TJUE-Tribunal de Justicia de la Unión Europea
TRDs-Tecnologías de Registro Distribuido
TRLGDCU- Texto Refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y usuarios
TRLMV-Texto Refundido de la Ley del Mercado de Valores
TRLSC- Texto Refundido de la Ley de Sociedades de Capital
UE- Unión Europea
UTXO- *Unspent transaction output*